Phys. sp. 838

Lichtenberg

über

Luft und Licht

nach

ſeinen Vorleſungen herausgegeben.

Mit Kupfertafeln.

Wien und Trieſt,
in Geiſtingers Buchhandlung.
1811.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische Staatsbibliothek München

Siebenter Abſchnitt.

Von der Luft.

§. 202.
Begriff von der Luft.

Wir ſind allenthalben von einem Fluidum umgeben, das man die Luft nennt, und von deſſen Daſeyn man ſich auf der Stelle mit ſeiner flachen Hand, ſo wie mit jedem Fächer, und auf tauſend andere Arten überzeugen kann. Dieſes Fluidum umfließt unſere ganze Erde, und bildet um dieſelbe ein Luftmeer, auf deſſen Boden wir wandeln, in welchem die Vögel wie die Fiſche herum ſchwimmen, und deſſen Höhe man zu 10—12 geographiſche Meilen annimmt, aber eigentlich nicht gewiß beſtimmen kann. — Die Luft iſt unſichtbar. Jedoch dieß gilt nur von kleinern Portionen derſelben. Stellt

ſie ſich uns in großer Quantität dar, ſo erſcheint ſie von hellblauer Farbe. Das, was wir den blauen Himmel nennen, iſt die Luft. — Wie wichtig die Luft für uns ſey, darf wohl nicht erſt geſagt werden. Wir könnten nur wenige Minuten ohne ſie leben. Ohne ſie hätte unſer Feuer keine Nahrung. Sie iſt das Vehikel für die Töne, die Muſik, und die Sprache. Wenn Gegenden vor Hitze verſchmachten, ſo geräth die Luft in Bewegung, oder führt regenſchwere Wolken dahin, oder zerſetzt ſich ſelbſt in Waſſer, und erquickt wieder die lechzende Gegend. Vermittelſt der Luft ſind die Welttheile miteinander verknüpft worden. — Aus dieſem Allen ergiebt ſich wohl von ſelbſt, wie intereſſant die Lehre von der Luft für uns ſeyn muß.

§. 203.

Elaſticität der Luft.

Die Elaſticität der Luft wird recht gut bewieſen mit dem Eindringen des Waſ-

ſers in ein mit der Oeffnung nach unten gekehrtes Glas, das man in einem Gefäß dergeſtalt unter Waſſer taucht, daß der Rand deſſelben die Oberfläche des Waſſers ringsherum zugleich berührt. Nur muß man den Umſtand, daß das Glas immer ſtärker aufwärts getrieben wird, je tiefer man es untertaucht, nicht der Elaſticität der Luft, wenigſtens nicht derſelben allein zuſchreiben. Der nähmliche Umſtand ereignet ſich ja auch mit jedem Stückchen Holz von geringerem ſpezifiſchen Gewichte, als das des Waſſers iſt, ſo wie mit jedem leeren, etwas hohen und leichten Glaſe, das mit dem Boden voran untergetaucht wird. Es rührt alſo nur von der ſpezifiſchen Leichtigkeit des Glaſes her.

Der Umſtand, daß nur wenig Waſſer in das umgeſtürzte Glas eindringt, und daſſelbe nicht ganz damit gefüllt wird, wie es doch nach hydroſtatiſchen Grundſätzen ſeyn ſollte: iſt zugleich einer der ſimpelſten Be-

weiſe für das Daſeyn der Luft, wovon im vorhergehenden §. die Rede war. Läßt man ein Lichtchen auf Kork geſetzt, unter dem Glaſe brennen, ſo verliſcht es zwar endlich; dieß rührt aber nicht von der Abweſenheit der Luft her, ſondern daher, weil das pabulum vitæ für die Flamme alle wird.

Für die Impenetrabilität der Körper und nahmentlich der Luft giebt dieſer Verſuch ebenfalls einen ſehr ſchönen Beweis. Er wurde auch, als von derſelben die Rede war, angeſtellt. (Sieh 1. Bändchen S. 44.) Von dieſem Verſuche hat man auch eine ſchöne Anwendung auf die Taucherglocke gemacht. — Robert Menzies (in ſeinem Tentamine phyſiologico de reſpiratione. Edinb. 1790, überſetzt und mit Anmerk. begleitet, in Grens Journal der Phyſ. B. VI.) fand, das ein erwachſener Mann von gewöhnlicher Größe, jedesmahl 43 engl. Kubikzoll Luft einathme, und beym Ausathmen 13 Kubikzoll davon ver-

derbe, oder irreſpirabel mache; ferner, daß das Athemhohlen in jeder Minute achtzehenmahle geſchehe, und folglich in derſelben 774 Kubikzolle oder 4 Quartierbouteillen Luft eingeathmet, und beym Ausathmen 234 Kubikzolle unbrauchbar gemacht werden. — Hierauf beruhet nun die Taucherglocke. — Weil es Niemand mit derſelben ſo weit trieb als Halley, ſo verdient ſie hier einer ausführlicheren Erwähnung *).

Halley's Glocke war oben 3 Fuß, unten 5 Fuß breit, 8 Fuß lang, und faßte 63 Kubikfuß, oder beynahe 8 Oxhoft Luft. Sie war von Holz, aber mit Bley ſo ſtark umzogen, und am untern Rande mit Gewichten ſo beſchwert, daß ſie ſchon leer unterſank. Sie wurde an einem Querbalken,

---

*) Seine Abhandlung darüber findet ſich in den Philosoph. Transact. vom Jahr 1717 und 1721, welches man ſich wegen des Datums zu merken hat.

der an dem Maſtbaum des Schiffes befeſtiget war, in die See gelaſſen. — Halley ließ ſich ſelbſt mit noch 4 andern Perſonen 10 Klafter tief in die See, und verweilte mit ſeiner Geſellſchaft 1 und 1/2 Stunde lang unter dem Waſſer. Ja er korreſpondirte ſogar in das Schiff hinauf, und man gieng 300 Fuß auf dem Boden des Meeres von der Glocke hinweg, aber verſteht ſich, wieder unter der Sauve-Garde einer andern Glocke, die durch eine lederne waſſerdichte Röhre mit der großen Glocke in Verbindung gehalten wurde. — Um die verdorbene Luft in der Glocke zu erſetzen, hatte man ein ſinnreiches Mittel erfunden. Es wurden von dem Maſte zwey mit friſcher Luft gefüllte kleine Fäſſer von Holz und mit Bley überzogen, nach Art der Brunnen-Eimer hinunter gelaſſen, ohne daß ſie umſtürzen konnten. In dem untern Boden hatten ſie eine Oeffnung, wo das Waſſer eindringen konnte, wenn demſelben von der Luft Platz gemacht wurde.

Oben an jedem Faße war an einer Oeffnung derſelben ein lederner Schlauch waſſerdicht befeſtiget, der ſich in eine kleine, mit einem Hahne verſehene Röhre endigte. Dieſe Röhre zog man unter die Glocke, und drehte den Hahn auf. Nun drang das Waſſer bey der untern Oeffnung in das Faß hinein, und trieb aus demſelben die Luft durch den Schlauch in die Glocke. Verſteht ſich von ſelbſt, daß das Fäßchen jedesmahl tiefer zu ſtehen kommen mußte, als die Glocke. An der Glocke war auch eine mit einem Hahn verſehene Oeffnung, durch welche man die ſchlechte Luft hinaus ſchaffte. — So wurde alſo auch die Glocke reſtaurirt; ſo konnte man wieder eine Weile leben! War ein Fäßchen leer, ſo gab man ein Zeichen, und es kam das andere. Wollte man nach einer anderen Stelle, ſo korreſpondirte man hinauf, und das Schiff ſegelte weiter. — Um denn auch in der Glocke ſehen zu können, war oben an

derſelben ein Glas angebracht. Aber das mußte gut gefaßt ſeyn; War die See glatt, ſo konnte man gut ſehen; aber wenn ſie rauh und ſtürmiſch war, ſah man wegen der vielfachen Reflexion des Lichtes nichts. Ein Kerzenlicht konnte man darum nicht gut in die Glocke hinein nehmen, weil dieß eben ſo viel Luft verzehrt haben würde, als der Menſch, und weil man hier mit der Luft ſo haushälteriſch umgehen mußte. — Die einzige Ungemächlichkeit, die man empfand, war der Schmerz in den Ohren. Dieſer rührte von der Verdichtung der Luft beym Hinablaſſen der Glocke her. So wie man aber langſamer damit zu Werke ging, verging derſelbe.

Bey dieſer Gelegenheit etwas über einen Gedanken der Taucher. Sie nehmen einen Schwamm mit Oehl in den Mund. Man dachte gewöhnlich, es geſchehe, um das Athemhohlen dadurch zu befördern. Aber was in aller Welt hat das Athemhohlen

mit dem Oehle gemein! Es geſchieht vermuthlich des Sehens wegen. Es iſt nähmlich ſchon eine alte Erfahrung, daß man mit Oehl die Wellen ebnen kann. Es kommt ſchon im Ariſtoteles und im Plutarch vor. Im letzten iſt ſogar eine Abhandlung: mare oleo sedare. Franklin hat die Entdeckung von Neuem gemacht. Einſt ſtrandete an der Nordſee bey Hamburg ein Schiff. Man konnte demſelben wegen der Brandung nicht zu Hülfe kommen. Da fielen gerade die Oehltonnen, mit welchen es belaſtet war, in die See, und ſiehe da! die Wellen legten ſich.*) — Vielleicht drückt alſo der Tau-

*) „Schiffer Mathias Heinr. Schmidt, von Lübek nach Lindau beſtimmt, ſchreibt unter dem 8. Nov. 1779 von Bornholm, daß er an der Norder-Ecke dieſer Inſel geſtrandet, daß er mit ſeinem Volk in größter Gefahr geweſen ſey, aber nächſt Gott, ſeine und der Seinigen Erhaltung einer Tonne Thran, die auf dem Verdeck gelegen, zu verdanken gehabt habe,“ (Aus den Hamb. Zeitungen).

cher den Schwamm unten an, daß das Oehl in die Höhe ſteigt, die See blank macht, und ſo das Sehen befördert. — Ein Papſt gab einmahl einem Schiffer ein Fläſchchen mit geweihtem Oehle mit, wie Lichtenberg in einem alten lateiniſchen Gedichte geleſen hat. Vielleicht hatte auch dieſes auf etwas Aehnliches Bezug.

Ein berühmter ſchwediſcher Mechanikus Triewald verbeſſerte die Halleyſche Taucherglocke. Bey derſelben ſaßen nähmlich die Herren alle unter der Glocke. Dieß iſt ſehr unökonomiſch. Wie viel Luft geht aus einer Stube nicht hinaus, wenn man hinein gehet. Trinwald ſtellt daher die Taucher ſo, daß nur der Kopf unter die Glocke, und noch dazu nur etwas über die Waſſerfläche zu ſtehen kommt. Er bringt zu dem Ende Ketten an, die unten ein Fußgeſtell tragen, auf

---

Göttinger Taſchen-Kalender v. J. 1781. S. 110.

welchem die Herren ſtehen. — In Martins Philoſophia britanica ſind beyde Glocken beſchrieben, und in Kupfer geſtochen.

Ueber das Alter und die Erfindung der Taucherglocke ſehe man Beckmanns Beyträge zur Geſchichte der Erfindungen, den erſten Band. Die erſte ſichere Nachricht fand er in Schotts Technica curioſa, wo ihr wirklicher Gebrauch auf das J. 1538 feſtgeſetzt wird. Gewöhnlich ſetzt man die Erfindung derſelben in das 16te Jahrhundert. Es kommt aber auf die Erklärung eines griechiſchen Wortes im Ariſtoteles an: ſo iſt ſie älter, als Ariſtoteles ſelbſt. Er ſagt nähmlich (Problematum XXXII. §. 5.) λεβητα καταφεντες. Das erſte Wort bedeutet einen Keſſel, das zweyte kömmt her von κατα, απο und ιημι, und kann heiſſen entweder: demittentes, ſie haben den Keſſel nachgeſchickt, oder ſuperimponentes, ſie haben den Keſſel umgeſtürzt. Im zweyten Falle wäre es offenbar die Taucherglocke.

Im erſten Falle würde der Keſſel blos als Luftmagazin gedient haben, aus welchem der Taucher ſchöpfen konnte.

Im Lateiniſchen heißt die Taucherglocke Campana urinatoria, von urinari, untertauchen, und dieß wieder von ουρος, ventus. Man muß alſo ja nicht überſetzen: das Waſſer laſſen, wie es ſchon geſchah. Holberg, ein däniſcher Schriftſteller, erzählt, das Jemand folgende lateiniſche Stelle von einer Perlfiſcherey in einer Reiſebeſchreibung: „Malleum ſuum perdiderat, ideoque urinabatur, et cum eum invenire non poterat, iterum urinabatur,“ ſo überſetzte: Er verlor ſeinen Hammer, und ließ deßwegen das Waſſer, und als er ihn nicht finden konnte, ließ er noch einmahl das Waſſer.

§. 204.

Schwere der Luft.

Das Luftmeer iſt ſchwer. Man weiß nicht nur daß es drückt, ſondern man hat

auch den Druck berechnet. Daß die Luft bey uns ſo dünne iſt, rührt daher, weil wir uns nahe an der Gränze derſelben befinden. Unten in der Erde iſt ſie gewiß dichter. Ja es giebt da Stellen, in welchen ſelbſt das Gold ſchwimmen würde, weßwegen denn auch Franklin einmahl die Luft für den dichteſten Körper erklärte. (S. 1. Bändch. S. 52.)

Die Schwere und der Druck der Luft wird weiter unten durch eine Menge Verſuche beſtätiget werden. Fürs erſte reicht dazu die Erfahrung hin, das aus einer nicht allzuweiten, mit Waſſer gefüllten, und oben verſchloſſenen Röhre, das Waſſer nicht herausfließt, ungeachtet die Röhre unten offen iſt, welches durchaus von nichts anderem, als von dem Drucke der Luft herrühren kann. Auch aus der allerweiteſten Röhre würde das Waſſer nicht ausfließen, wenn daſſelbe nicht beym Umdrehen der Röhre in eine ſchwankende Bewegung geriethe. Beugt man

dieſer vor, ſo ereignet ſich eben daſſelbe, wie bey der engeren Röhre. Drückt man z. B. auf ein mit Waſſer gefülltes Glas ein Blatt Papier ſcharf an, und dreht daſſelbe in eben dem Augenblick um, ſo fließt kein Tropfen aus. Der Verſuch gelingt immer, wenn man nur recht behende zu Werke gehet. (§. 206.)

§. 205.

Wirkungen des Druckes der Luft.

Auf die eben angeführte Erfahrung gründen ſich eine Menge Phänomene, unter welchen das mit dem Stechheber das bekannteſte iſt. Hat man dieſes richtig gefaßt, ſo kann man ſich auch alle übrigen, z. B. das Veſtaliſche Sieb, den magiſchen Trichter, den Oehlkrug der Witwe, das nach dieſen Gründen eingerichtete Dintenfaß, die Taſchenſchreibfedern mit Dinte, den Zauberbrunnen u. ſ. w. erklären.

Das Veſtaliſche Sieb (Fig. 1.) iſt eine Art von Gießkanne, deren Boden durchlöchert iſt, alſo eigentlich der Stechheber ſehr oft wiederhohlt. Hält man die obere Oeffnung mit dem Daumen zu, ſo fließt unten nichts heraus. Zu dem Ende darf die Oeffnung des Halſes nicht ſo groß ſeyn, als der Hals ſelbſt, wenn dieſer etwas weit ſeyn ſollte, damit man mit dem darauf drückenden Daumen die eindringende Luft ſicherer abhalten könne. Der Nahme kommt daher: Eine Veſtalinn zu Rom kam in Verdacht, das Gelübde der Keuſchheit gebrochen zu haben, da bath ſie den Jupiter, er möchte ihretwegen ein Wunder thun; das that er denn auch. Er verſtattete ihr mit einem durchlöcherten Siebe Waſſer aus der Tiber bis zum Tempel der Veſta zu tragen. — „Wenn es ein ſolches Sieb geweſen wäre, ſagte hier Lichtenberg immer, wie dieſes hier, ſo könnten damit auch die Göttingiſchen Veſtalinnen Waſſer aus der

Leine bis zum Tempel am Geißmarthore *) tragen. Ich habe ſonſt immer dieſe Anekdote erzählt, weil ich aber gehört habe, daß man mir es übel nehme, ſo thue ich es jetzt nicht mehr.„

Der magiſche Trichter (Fig. 2.) iſt ebenfalls ein verſteckter Stechheber. Es iſt ein doppelter Trichter, und auf das Loch unter dem Henkel kommt alles an. Man kann rothen Wein und Waſſer zu verſchiedener Zeit, das iſt, nacheinander aus demſelben, auf eine überraſchende Art herausfließen laſſen. Zuerſt gießt man z. B. den rothen Wein in den Trichter, der ſteigt alſo, nach hydroſtatiſchen Geſetzen, in den verborgenen Trichter hinein. Nun hält man das Loch unter dem Henkel zu, und läßt den Wein aus a wegfließen. Aus bb kann

*) Das prächtige Gebäude des Gebärhauſes in Göttingen am Geißmarthore, deſſen ſich freylich größtentheils nur Veſtalinnen bedienen. — Göttingen liegt an der Leine.

er nicht fließen, aus Gründen der obigen Erfahrung (§. 204). Jetzt wird, aber immer bey zugehaltenem Loche, unter dem Henkel Waſſer in den Trichter gegoſſen, das fließt natürlich wieder unten zur Oeffnung hinaus. Endlich wird der Finger vom Loche unter dem Henkel weggezogen, und nun fließt erſt der Wein heraus, der bisher in bb verſteckt war.

Mit dem Oehlkruge der Witwe (Fig 3.) iſt es ganz das Nähmliche. Er beſteht aus zwey Kannen, die durch ein Diafragma getrennt ſind, und bloß durch das kleine Loch a Communication haben. Man hält die Kanne ſo, daß der Zeige- und Mittelfinger durch den Henkel gehen, der Daumen unter die Schneppe zu liegen komme, und der Gold- oder kleine Finger das Loch b zuhalten kann. Nun läßt man Waſſer in die Kanne gieſſen, natürlich dringt daſſelbe durch die Oeffnung a auch in die zweyte Kammer hinunter, wenn man

den Finger von der Oeffnung b wegnimmt. Wie man merkt, daß das Waſſer hier herausflieſſen will, hält man den Finger darauf. Jetzt füllt ſich auch die obere Kanne mit Waſſer. Nun dieß obere Waſſer läßt man bey feſt verſchloſſener Oeffnung b zur Schnelle heraus fließen, läßt dann in das innere der Kanne ſchauen, wo natürlich Niemand auch nur eine Spur von Waſſer bemerken kann, und jetzt wird der Finger vom Loche b weggezogen, da denn erſt das in der untern Kanne befindliche Waſſer zum Vorſchein kommt. — Mit Waſſer und Wein wird der Verſuch noch überraſchender. Uebrigens freylich unterſcheidet ſich dieſes Krüglein von dem Krüglein der Witwe zu Zarpad dadurch, daß man hier erſt das Oehl hineinbringen muß, wenn man eines heraus haben will. Bey jenem wars anders.

Das nach dieſen Gründen eingerichtete Dintenfaß (Fig. 4.) hat alle Eigenſchaften eines guten Dintenfaßes. Es ent-

hält viele Dinte, verdampft wenig, macht keine Klekſer, wenn es umfällt, und die Feder kann beym Eintauchen nicht zu viel bringen. Es beruht wieder ganz auf dem obigen. Wird Dinte hinein gegoſſen, ſo muß ſie ſich in BB und A horizontal ſtellen. Verkorkt man nun das Loch bey C, und ſchüttet die Dinte aus A weg, ſo kann die in BB nicht ausfließen, wenn man gleich das Dintenfaß umwendet. Stiept man aber mit der Feder in die Oeffnung E hinein, ſo macht man der Luft eine kleine Oeffnung; ein Luftbläschen ſteigt bis C oder D hinauf und drückt etwas Dinte herunter, ſo daß man gerade die Feder voll bekommt. — Es wurde ein ſolches Wedgwodiſches Dintenfaß vorgezeigt.

Die Taſchenſchreibfedern mit Dinte beruhen auf denſelben Gründen. Sie haben die Form derjenigen, zu welchen man die Dinte a parte haben muß. Aber ſie führen ein kleines Dintenmagazin ſchon bey

ſich, und bey einer kleinen, gegen die Erde gerichteten Stoßbewegung geben ſie gerade ſo viel davon in die Feder, als nöthig iſt. — So war die fruchtbare Feder des Hrn. Nikolai *) zu Berlin, mit welcher er ſeine Reiſe beſchrieb. — M. Seyde verfertigt dieſelben, das Stück für 18 g. Gr.

Der Zauberbrunnen oder intermittirende Brunnen (Fig. 5.) iſt wieder ganz daſſelbe. In das hohle Gefäß A, an welchem ſich vier Ausgußröhrchen mit engen Oeffnungen befinden, iſt die Röhre BC ſo eingelöthet, daß ſie mit ihrer obern Oeffnung beynahe bis an den Kopf des Gefäßes reicht. Unten iſt die Röhre in einen Teller, der auf einem andern hohlen Gefäße E befeſtiget iſt, eingeſchraubt, und hat mit demſelben durch eine enge Oeffnung,

*) Nikolai war einer von den wenigen lebenden Gelehrten, über welche ſich Lichtenberg öffentlich ſo äußerte, daß man daraus abnehmen konnte, er ſey ihm nicht gut

die immer kleiner ſeyn muß, als die Summe der Oeffnungen aller vier Ausgußröhren, Communication. Ferner hat dieſe Röhre unten bey F eine Seitenöffnung, durch welche, ſo lange ſie offen bleibt, die äußere Luſt eintreten, und durch die Röhre in das obere Gefäß A gelangen kann. Befindet ſich nun in dieſem Gefäße Waſſer, ſo fließt daſſelbe durch die Ausgußröhren auf den Teller herab, und läuft, ſo viel es die Communications Oeffnung geſtattet, durch dieſelbe ab in das untere Gefäß. Weil aber dieſe Oeffnung kleiner iſt, als die Summe der Oeffnungen der vier Ausgußröhren, ſo kann durch dieſelbe nicht ſo viel Waſſer ablaufen, als die Ausgußröhren geben. Es ſammelt ſich alſo auf dem Teller an, und verſtopft endlich die Seitenöffnung bey F, ſo daß keine äußere Luft mehr durch dieſelbe eintreten, und das Waſſer herabdrücken kann. Nun ſtockt alſo der Brunnen. Mittlerweile dauert das Ablaufen des Waſſers durch die

Communicationsöffnung in das untere Gefäß beſtändig fort, und da jetzt kein neues hinzukömmt, ſo wird die Seitenöffnung bey F wieder frey, die Luft dringt ein, und der Brunnen kommt wieder in Gang. — Die Taſchenſpieler können daher einen ſolchen Brunnen kommandiren, (Fontaine de commandemens) aber eigentlich kommandirt doch ſie der Brunnen. — Um das Ablaufen des Waſſers in das untere Gefäß möglich zu machen, muß daſſelbe außer der Communicationsöffnung mit der Röhre BC noch eine andere Oeffnung, etwa bey G haben.

§. 207.

Verſchiedene Dichtigkeit der Luft.

Aus der Schwere der Luft und ihrer Eigenſchaft ſich zuſammendrücken zu laſſen, zuſammengenommen, folgt natürlich, daß ſie an einer jeden nidrigeren Stelle dichter

und zuſammengepreßter ſeyn müſſe, als an einer höhern. Auf dem Hainberge (bey Göttingen) ſteht das Queckſilber um 6 Linien tiefer als im Thale. Die uns umgebende Luft iſt alſo viel dichter, als die auf hohen Gebirgen, und die in tiefen Schachten wieder viel dichter, als die uns umgibt.

§. 210.

Saugwerk. Ventilatoren.

Wenn man ein Glas mit Waſſer auf Waſſer umſtürzt, ſo fließt aus demſelben nichts heraus. Könnte man alſo von einer Stelle eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes, den Druck der Luft wegnehmen, ſo daß er auf allen übrigen bliebe, ſo würde das Waſſer gleich aufſteigen. Hierauf gründet ſich nun das ganze Saugwerk. Statt vieler Beyſpiele darüber nur das eine, das man täglich vor Augen hat, von unſern gewöhnlichen Pumpenbrunnen. — Sie beſtehen gewöhnlich aus drey luftdicht, mit-

telſt der ſogenannten Büchſen übereinander geſetzten hölzernen Röhren, der obern oder Dockenröhre, der mittleren oder Stieſelröhre, und der unteren oder dem Ventilſtocke, und die Hauptſache dabey iſt, ein hohler meſſingner Cylinder AB, (Fig. 6.) der Stiefel genannt, und die Ventilbüchſe CD. In dem Stiefel der ungefähr 1 und 1/2 Schuh lang iſt, und an dem unteren Ende der Mittelröhre ſteckt, ſpielt der durchbohrte, und bey a mit einer Klappe verſehene Stämpel oder Kolben FC. Die Ventilbüchſe CD mit dem Ventile EM ſteckt am obern Ende der untern Röhre oder des Ventilſtocks, die ungefähr 3 Schuh lang, zum Eindringen des Waſſers bey G, H, I, K durchbohret iſt, und auf dem Boden des Brunnen ſteht. Der Stiefel und die Ventilbüchſe bilden eigentlich ein Ganzes. Sie werden aber darum als beſondere Theile auf ſolche Art miteinander verbunden, damit theils die Einſetzung derſelben in die

Röhren, theils bey einer vorfallenden Stockung, die Reparatur deſto leichter könne vorgenommen werden. — Sobald nun der Stämpel in die Höhe gezogen wird, erhebt ſich das Ventil E, und das Waſſer muß die Klappe am durchbohrten Stämpel öffnen, und in den Stiefel in die Höhe ſteigen. Geſchieht ein neuer Zug des Stämpels, ſo ſucht das über demſelben ſich befindende Waſſer, vermöge ſeiner Schwere zurückzufallen, weil ſich aber alsdann die Klappe a ſchließt, ſo kann es nicht wieder zurück, und es wird von Neuem durch das Ventil E in den Stiefel Waſſer treten. Spielt auf dieſe Weiſe der Stämpel eine Zeit lang ununterbrochen auf und nieder, ſo ſieht man leicht, das hiedurch Waſſer in die Höhe gehoben werden, und durch eine in der oberſten Röhre angebrachte Ausgußröhre abfließen muß.

Ventilatoren ſind Inſtrumente, die verdorbene Luft irgendwo herauszupumpen.

Der Erfinder davon iſt D. Hales, obwohl auch zu derſelben Zeit im J. 1741 Triewald darauf verfiel. — Der Blaſebalg iſt ſo ein Ventilator. Robins hat zu Philadelphia herrliche Verſuche damit angeſtellt. Es war da ein Brunnen, der lange nicht geöffnet wurde, brachte man Licht hinein, ſo ging es aus. Robins ließ ſich einen großen Schmiedeblasbalg bringen, und brachte vorne an demſelben einen langen Spritzenſchlauch an. So ließ er nun in den Brunnen hinein blaſen, und bald [darauf konnte man ſchon Licht hinein bringen. Vermittelſt des Ventilators wurde nähmlich geſunde Luft in den Blaſebalg, und ſo durch den Schlauch in den Brunnen gebracht.

§. 211.

Ausdehnung der Luft durch die Wärme.

Der Satz von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, wird hier von dem

Verfaſſer blos lemmatiſch des folgenden Paragraphen wegen angeführt. — Man kann ſich von dieſer Ausdehnung vor der Hand am deutlichſten durch folgenden Verſuch überzeugen. Man zünde Werk an, und halte es brennend unter ein Stängel- oder was immer für ein anderes Glas. Dadurch wird nun die Luft in demſelben ſo verdünnt, daß, wenn man es umgeſtürzt auf eine ebene Fläche, am beſten auf naſſes Leder ſtellt, und eine Weile feſt hält, bis es kalt wird, daſſelbe wegen des Drucks der äußeren Luft ſo feſt ſteht, daß man Mühe hat, es wieder weg zu bringen. — Eben ſo, wenn bey dem Drebbelſchen Luftthermometer die Kugel oben erhitzet wird, ſinkt das Waſſer oder der Liquor herunter, und ſteigt hinauf, wenn ſie wieder kalt wird.

Daß die Luft durch dieſe Ausdehnung geringer werde, kann man ſich am deutlichſten durch folgenden ſimpeln Verſuch überzeugen. Man hänge an eine Wagſchale eine

umgekehrte Papierdute, und bringe ſie mit der andern Schale ins Gleichgewicht. Nun verdünne man die Luft unter der Dute durch angezündeten Flachs u. ſ. w., ſo wird die andere Schale das Uebergewicht bekommen, und dieſe dagegen ſteigen.

§. 212.

Ein Gefäß mit einer engen Oeffnung zu füllen.

Man jagt die Luft durch die Erhitzung des Gefäßes, z. B. eines Glaſes, aus demſelben heraus. Sobald das Glas erkaltet, dringt das Waſſer hinein, bringt man einen Tropfen Weingeiſt hinein, ſo kann man die Luft ganz heraus bringen. — Will man das Waſſer wieder heraus haben, ſo darf man das Glas nur wieder erwärmen.

Auf dieſe Art kann man auch finden, wie ſtark ein gewiſſer Grad von Hitze die Luft ausdehne. Robins hat einem inwendig gut polirten, und genau calibrirten Flin=

tenlauf die Hitze des weißglühenden Eiſens gegeben, und dann denſelben gut an beyden Oeffnungen verſchließen laſſen, hierauf ließ er ihn erkalten, brachte ihn unter kaltes Waſſer, öffnete ihn daſelbſt, und aus der Menge des nun eindringenden Waſſers fand er, daß die Luft in der Röhre nur 1/4 von der äußeren war, folglich dieſelbe in einem viermahl größeren Raume ausgedehnet wurde. — Hierauf gründen ſich wichtige große Rechnungen.

§. 213.

Gränzen des Druckes der Luft.

Daß der Druck der Luft nicht unendlich ſeyn könne, ſondern eine beſtimmte Größe haben müſſe, konnte man wohl a priori vermuthen. Aber ſeit Galilei's (geb. 1564. † 1642) Zeiten weiß man es auch a posteriori. Ihm wird die Entdeckung zugeſchrieben, daß das Waſſer nur 32 Fuß hoch durch den Druck der Luft erhalten

werden könne. Man ſagt, er ſoll dieſelbe bey folgender Gelegenheit gemacht haben: Ein Gärtner des Herzogs von Florenz wollte einen ſehr hohen Pumpenbrunnen machen, wie er damit fertig war, konnte er nicht gebraucht werden, weil kein Waſſer heraus kam. Er unterſuchte die Maſchine, und fand keinen Fehler daran; endlich rief er den Galilei, und der machte dann die Entdeckung. — Es iſt aber ausgemacht, daß Descartes noch eher als Galilei dieſelbe Entdeckung machte.

Wußte man es einmahl von einem Fluidum, wie hoch daſſelbe durch den Druck der Luft erhalten werde, ſo konnte man es natürlich bald von allen übrigen wiſſen, deren ſpezifiſches Gewicht man kannte. Man hat auch eine eigne Vorrichtung, (Fig. 7.) um es den Sinnen anſchaulich zu machen, daß nicht alle Flüßigkeiten vom Druck der Luft gleich hoch erhalten werden. Verſuche darüber mit Waſſer, Queckſilber, Oehl und

Vitriolöhl. Bey A iſt eine kleine Luftpumpe, mit welcher die Glasröhren in Kommunikation ſtehen. Die Glasröhren ſtehen unten in die Schalen hinein, in welchen die verſchiedenen Fluida ſind. Zieht man nun oben an, ſo ſteigen die Fluida in die Höhe. BC ſtellt das Holz vor, an welchen die Röhren feſtſitzen. Das Vitriolöhl wird 16 Fuß hoch, und das Queckſilber nur 28 Zoll hoch erhalten.

§. 214.

Gränze des Druckes der Luft für das Queckſilber.

Weil das Queckſilber ungefähr 14 mahl ſchwerer als das Waſſer iſt, ſo wird es durch den Druck der Luft 14 mahl niedriger gehalten werden. Nun iſt $\frac{32}{14} = 2\frac{4}{14}$ Fuß $= 27\frac{3}{7}$ Zoll; alſo erhält der Druck der Luft das Queckſilber 28 Zoll hoch.

Hier kann auch der Einwurf beantwortet werden, welchen man gegen den

Druck der Luft erhebt. Nimmt man eine Barometerröhre von 28 Zoll Höhe, füllt ſie mit Queckſilber, hängt ſie an eine Wage, und läßt ſie unten in eine Queckſilber-Schale ſtehen, ſo muß das Gewicht, mit welchem man die Röhre in der anderen Wagſchaale balancieren macht, ſo groß ſeyn, als das Gewicht der Röhre mit dem Queckſilber. Wenn nun, ſagt man, die Luft das Queckſilber trägt, wie kömmt es, daß es doch auf die Wage wirkt, kehrt man die Röhre um, ſo trägt die Wage das Queckſilber wirklich, und die Röhre wirkt doch nicht mehr als vorhin? — Allein dieß Alles muß nothwendig aus dem Drucke der Luft erfolgen. Beym gewöhnlichen Gebrauche der Wage hat man an den Druck der Luft nicht zu denken, ja es kann auf jeder Schale ein Zentner Gewicht liegen, und man kann doch wägen, allein beym obigen Verſuche kommt der Druck der Luft gar ſehr in Betracht. Der untere Druck wird

ja im erſteren Falle ganz weggenommen, der obere drückt nach, folglich muß in die andere Schale ein gleich großes Gewicht geleget werden, um das Gleichgewicht herzuſtellen. Im andern Falle hingegen, wo man die Röhre umkehrt, iſt alles wie gewöhnlich. Folglich muß die Röhre in jeder Lage gleich viel wiegen. Man kann ſich die Sache am beſten auf folgende Art erläutern. Man hänge ſtatt der obigen Barometerröhre einen ſoliden Cylinder, z. B. von 3 Pfund, an die Wage, und denke ſich nun zwey gleichwirkende Stahlfedern über dem obern und untern Ende angebracht; die obere drückt den Cylinder hinunter, die untere drückt ihn hinauf. Es wirkt nichts weiter auf die Wage, als das Gewicht deſſelben. Legt man alſo in die gegenüber ſtehende Wagſchale ein dieſem Gewichte gleiches Gewicht, ſo muß die Waage balanciren. Wird nun ein Loth mehr in die Schole gelegt, ſo entſteht ein Uebergewicht, und man

könnte alſo in dieſer Lage der Wage recht gut wägen. Dieß iſt nun der obige zweyte Fall denn die obere Stahlfeder iſt der obere, und die untere der untere Druck der Luft. Hängt man aber an die untere Stahlfeder ein kleines Gewicht, z. B. von einem Loth, ſo wird die gleiche Wirkung der beyden Stahlfedern aufgehoben; die obere drückt mehr, und es muß alſo auch ein Loth in die Schale gelegt werden, um das Gleichgewicht herzuſtellen. Dieß iſt nun der obige erſte Fall.

§. 215.

Größe des Druckes der Luft.

Die Erfahrung, daß das Queckſilber durch den Druck der Luft 28 Zoll hoch erhalten werde, gibt ein vortreffliches Mittel an die Hand, dieſen Druck der Luft zu berechnen. Nur muß man dabey nicht vergeſſen, daß jene Höhe veränderlich iſt,

und dieſe Veränderlichkeit jedesmahl in Anſchlag bringen.

Will man z. B. den Druck der Luft auf einen Quadratfuß wiſſen, ſo darf man ſich nur eine Queckſilberſäule denken, deren Baſis dieſer Quadratfuß, und die Höhe 28 Zoll mehr oder weniger iſt. Man braucht alſo nur das Gewicht des Queckſilbers zu wiſſen, um das Verlangte zu erhalten. Nun ein Rheiniſcher Kubikfuß Queckſilber wiegt 1176 Pfund Troygewicht; *) folglich

*) Nach köllniſchem Gewicht wiegt ein Pariſer Kubikfuß Queckſilber nahe 950 Pf ein Kubikzoll Duodezimalmaß 17 Loth, 2 4/9 Quentchen. Wenn alſo der Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Queckſilberſäule von 28 Zoll oder 2 1/3 Fuß, ſo beträgt er gegen eine Fläche von einem Quadratfuß 2216 2/3 Pf., und von einem Quadratzoll 15 Pf. 12 256/432 Loth. Um jede Linie, um welche das Queckſilber höher oder niedriger als 28 Zoll iſt, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuß 6 43/72 Pf. mehr oder weniger. Grens Naturl. §. 770.

muß man für jeden *Zoll* = $\frac{1}{12}$ Fuß der Queckſilberhöhe über einem Quadratfuße, 98 Pfund, und für jede Linie = $\frac{1}{144}$ Fuß, 8 $\frac{1}{6}$ Pfund rechnen. Es drückt daher die Luft auf einen Quadratfuß, bey 28 Zoll Barometerhöhe, mit 2744 Pfund, und einen Quadratzoll mit $\frac{1176}{1728}$ 28 = 19 $\frac{1}{18}$ oder mit Weglaſſung des kleinen Bruchs = 19 Pfund.

Eine *Seifenblaſe*, die 4 Zoll im Durchmeſſer hat, und ſo groß kann man ſie mit Bequemlichkeit blaſen, hat 50 Quadratzoll Oberfläche. Sie wird alſo mit einer Laſt von 950 Pfund gedrückt.

Das Gewicht Luft, welches ein erwachſener *Menſch*, ſeine Haut zu 15 Quadratfuß gerechnet, bey einer Barometerhöhe von 28 Zoll beſtändig trägt, iſt 12. 12. 15. 19 $\frac{1}{8}$ = 41160 Pfund. Alſo die Schweizer, die von hohen Ge-

birgen in die Thäler herabſteigen, werden in kurzer Zeit von etlichen tauſend Pfund, bald weniger, bald mehr Luft gedrückt, und bleiben doch geſund! — Zu Quito in Amerika ſteht der Barometer nur auf 16 Zoll. Wie viel weniger Luft hat alſo da der menſchliche Körper zu tragen!

Die Luftpumpe.

§. 216. *)

Geſchichte der Luftpumpe.

Die Ariſtoteliſche Lehre, daß es in der Natur kein Vacuum gebe, brachte in der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts den Bürgermeiſter von Magdeburg Otto von Guerike auf den Einfall, zu verſuchen,

---

*) Hier verließ Lichtenberg den Gang des Compendiums. Er ließ zuerſt die vorzüg-

ob dieß auch wahr ſey. Es kündigt immer einen großen Mann an, wenn man an allgemein geglaubten Wahrheiten zu zweifeln anfängt, und denſelben nicht eher beyſtimmt, bis man ſich ſelbſt davon überzeuget hat! Und Guerike war wirklich ein großer Mann, nicht nur wegen dieſer Erfindung, ſondern auch wegen anderer Entdeckungen in der Lehre von der Elektrizität. Auch wurde er in Staatsgeſchäften gebraucht, und zum Friedenskongreſſe nach Osnabrück, ſo wie nach Wien und nach Regensburg geſandt.

---

lichſten Verſuche mit der Luftpumpe, die unten von §. 225 bis §. 235 vorkommen, durch ſeinen Ammanuenſis anſtellen, und hierauf erſt kam er auf die Geſchichte der Luftpumpe, und die verſchiedenen Verbeſſerungen derſelben, und auf die Beſchreibung und Auseinanderlegung der Smeatonſchen, der er ſich bediente, zurück. — Um die Paragraphen-Ordnung nicht zu zerreiſſen, folge ich dem Compendium.

Seine erſten Verſuche ſtellte er mit einem hölzernen Faße an, das er mit Waſſer füllte, allenthalben wohl verwahrte, und mit einer meſſingnen Feuerſpritze in Verbindung brachte. Die Spritze wurde mit einem eiſernen Ringe durch vier eiſerne Schrauben an das Zapfenloch des Faßes befeſtiget, und war mit zwey ledernen Ventilen verſehen. Das eine inwendig an dem vordern Theil der Spritze, um das Waſſer aus dem Faße in die Spritze zu bringen; das andere auswendig, um es aus der Spritze zu ſchaffen. — Nun meinte Guerike, wenn an dem Kolben der Spritze gezogen würde, müßte das Waſſer nachtreten, und auf dieſe Art in dem Faße ein Vacuum entſtehen, allein er täuſchte ſich. Nicht nur, daß anfangs eher die Schrauben abbrachen, als der geringſte Tropfen Waſſer aus dem Faſſe zu bringen war. Auch da er dieſe ſtärker machen ließ, und es ſo dahin brachte, das drey ſtarke Männer das Waſſer wirklich

durch das äußere Ventil herausſpritzen konnten, hörte er an allen Orten des Faſſes ein ſtarkes Geräuſch, und die äußere Luft drang alſo durch die Dauben deſſelben hinein.

Er ließ ſich hiedurch nicht abſchrecken, ſondern dachte auf Mittel, der Luft den Eingang in das Faß zu verwehren. Er nahm deßhalb zwey Fäſſer von verſchiedener Größe, ſetzte in das größere das kleinere, befeſtigte an demſelben durch das größere hindurch die Spritze, und füllte beyde mit Waſſer. Nun ging es zwar beſſer, aber als es Abends ſtille wurde, hörte er an den Fäſſern ein Zwitſchern und Pfeiffen, wie, nach ſeinem eignen Ausdrucke, eines canentis avis, welches freylich bey einer Luftpumpe eine böſe Sache iſt. Als er hierauf beyde Fäſſer öffnen ließ, fand er, daß das innere größtentheils mit Luft und Waſſer angefüllet war, doch ſpürte er

auch bey deſſen Eröffnung, daß die äußere Luft noch mit Gewalt hinein drang, und ſchloß daraus, daß der Raum deſſelben doch einigermaſſen leer geweſen ſeyn müßte.

Dieß brachte ihn bald zur Vollendung ſeiner Erfindung. Er nahm nun, da er deutlich ſah, daß mit dem Holze, welches nicht nur die Luft, ſondern ſogar auch das Waſſer durchdringen laſſe, durchaus nichts zu machen wäre, eine hohle kupferne Kugel; und nach manchem mißlungenen Verſuche, der auch hierbey ſtatt fand, brachte er endlich ſeine Luftpumpe zu Stande, welche Karſten in ſeinem Lehrbegr. der geſammt. Mathem. Theil VI. S. 409 (nach Schotts technica curiosa Lib. 1. Cap. 1), wörtlich folgendermaſſen beſchreibt.

„An dem Hauptcylinder A B (Fig. 8.) „iſt ein anderer kurzer Cylinder A C, unge-

„fähr unter einem halben rechten Winkel, „angeſetzt, der dazu dient, den mit einem „etwas engen Halſe E F verſehenen gläſer„nen Recipienten D mit der Pumpe bey C „zu verbinden. Bey E befindet ſich am Hal„ſe des Recipienten ein Hahn, den man „verſchließen kann, um der Luft den Rück„weg zu verſperren, wenn man den ausge„leerten Recipienten von der Pumpe weg„nehmen will, um andere Verſuche damit „zu machen. Bey G iſt eine mit einem „Ventil verſehene Oeffnung, durch welche „die Luft aus dem Recipienten in den Cy„linder hineintritt, wenn der Kolben I ver„mittelſt der Stange I K von A gegen B „fortgezogen wird; etwas höher bey H iſt „eine andere mit einem Ventil verſehene „Oeffnung, durch welche die Luft aus dem „Cylinder heraus in die freye Luft tritt, „wenn man den Stämpel von B nach A „zurücktreibt, da dann das Ventil G der „Luft den Rückweg nach dem Recipienten

„verſchließt, ſo wie die äußere Luft das „Ventil H zudrückt, wenn ſich im Cylin„der, die aus dem Recipienten heraustret„tende verdünnte Luft befindet. Der Hals „des Recipienten, der Hahn bey E und „beſonders die Stelle bey C, wo der Hals „des Recipienten aufgeſetzt wird, müſſen „gegen den Zugang der äußeren Luft auf's „ſorgfältigſte verwahret werden. Um das „Eindringen der äußern Luft an dieſen „Sellen mit deſto mehr Sicherheit abzuhal„ten, ſetzte Guerike die Pumpe beym wirk„lichen Gebrauch in ein Gefäß N O P Q, „das ſo hoch mit Waſſer angefüllt war, daß „der ganze Hals des Recipienten nebſt dem „Hahn E mit Waſſer bedeckt wurde. Ue„brigens war mit dieſer Pumpe weiter kei„ne mechaniſche Vorrichtung verbunden, die „zur Erleichterung der Bewegung des Stäm„pels dienen konnte. Nur oben an der „Kolbenſtange bey K befand ſich ein Quer„riegel L M, damit 2 Perſonen angrei-

„ſen konnten. Bey L und M wurden auch „wohl Seile angebunden, damit allenfalls „ein Dritter und Vierter angreifen konnte, „wenn die Arbeit zuletzt, nachdem die Luft „im Recipienten ſchon ſtark verdünnt war, „ſehr beſchwerlich ward.“

Um die unſägliche Mühe des Auspumpens zu erleichtern, verfiel Guericke im Jahr 1663 darauf, den Cylinder der Luftpumpe vertical unter dem Recipienten aufzurichten und den Stämpel vermittelſt eines langen eiſernen Hebels auf und nieder zu bewegen. Hiedurch konnte nun freylich ein einziger Menſch das recht wohl bewerkſtelligen, was bey der vorigen Einrichtung kaum etliche ſtarke Kerls verrichten konnten. Allein es entſtand daraus wieder die noch größere Unbequemlichkeit, daß man für dieſe Luftpumpe zwey übereinander gelegene Zimmer nöthig hatte. Endlich half Guericke, durch eine weit einfachere Einrichtung, auch dieſer Unbequemlichkeit ab, und

krönte damit ſeine merkwürdige Erfindung. — Seine Ventile hat er ſo vollkommen verfertiget, daß es jetzt noch ſchwer hält, ſie nachzumachen.

Das Jahr, in welchem Guericke ſeine erſten Verſuche anſtellte, iſt unbekannt. Doktor Kapp in Schwaben hat ſehr genaue Unt erſuchungen darüber angeſtellt, und nun kann man doch ſo ziemlich die Gränze ſcharf ziehen. Er giebt folgende Data an:

1. Zu Ende des Jahrs 1646 reiſte Guericke nach Oßnabrück, und kam erſt nach einem vollen Jahr zurück; alſo war er im Jahr 1647 nicht zu Magdeburg.

2. Im Jahr 1649 reiſte er nach dem Hof des Kaiſers, und blieb 2 Jahre aus; alſo war er in den Jahren 1650 und 1651 wieder nicht in Magdeburg.

3. Im Jahr 1653 reiſte er nach dem Reichstag zu Regensburg, und machte da im Jahr 1654 vor dem Kaiſer ſeine Verſuche.

4. Es iſt gewiß, daß er die erſten Verſuche zu Magdeburg angeſtellt hat.

Aus dieſem Allen ergiebt ſich nun, daß er ſeine erſten Verſuche, entweder zwiſchen den Jahren 1648 und 1649, oder zwiſchen den Jahren 1652 und 1653 müſſe angeſtellt haben. Das Medium arithmeticum aus dieſen vier Jahren iſt das Jahr 1650, welches man alſo immer für das Geburtsjahr der Luftpumpe halten kann.

Der Churfürſt von Maynz und Biſchof von Würzburg kaufte Guericke ſeine Luftpumpe ab und ſchenkte ſie hernach nach Würzburg an den Jeſuiten Kaspar Schott, der die erſte Beſchreibung davon im Jahr 1657 herausgab.

§. 217.

Verbeſſerungen der Guerickſchen Luftpumpe.

Durch die Schottſche Schrift lernte Robert Boyle die Luftpumpe kennen. Er erwarb ſich, in Gemeinſchaft mit D. Hook, folgende zwey große Verdienſte um die Verbeſſerung derſelben:

1. Er erleichterte die Arbeit. Er brachte nähmlich eben ſo, wie Guericke, den Cylinder vertikal unter den Recipienten an; aber anſtatt des eiſernen Hebels, womit jener die Bewegung erleichterte, befeſtigte er an den Stämpel, eine Stange mit Zähnen, in welche ein Sternrad eingriff, das durch eine Kurbel umgedrehet wurde — wie bey der Fuhrmannswinde. Aber freylich ging hier wieder auf der einen Seite das an Zeit verloren, was auf der andern an Kraft gewonnen ward — welches auch ſchon von Guericke ausgeſtellt wurde.

2. Er verſah ſeinen Recipienten oben mit einer Oeffnung, auf welche ein metallener Deckel mit einem eingeſchlieffenen Stöpſel genau paßte. So konnte man den Recipienten öffnen, und was man wollte hineinbringen — oder an einem inwendig befindlichen Hacken aufhängen — ohne daß derſelbe abgenommen werden durfte.

Uebrigens wich dieſe Luftpumpe — die ſich auch noch durch ein bequemes Fußgeſtell auszeichnete — dadurch von der Guerickeſchen ab, daß ſie nicht mit Ventilen wie dieſe, ſondern mit Hahnen verſehen war. Am obern Theile des Cylinders iſt nähmlich ein Loch mit einem eingeſchliffenen metallenen Stöpſel, und am Halſe der Kugel ein Hahn, wie bey Guericke. Oeffnet man den Hahn und windet den Stämpel herab, ſo wird die Luft in dem Recipienten verdünnt; verſchließt man dann den Hahn, und öffnet das Loch im Cylinder, ſo wird durch das Heraufwinden des Stämpels die aus dem Recipienten gezogene Luft ins Zimmer getrieben.

An eigentlicher Güte im Allgemeinem kam die Luftpumpe der Guerickeſchen nicht gleich. Boyle hatte den Verdruß, daß die äußere Luft oft alsdann ſchon in ſeinen Recipienten drang, wenn die innere 50- bis 70zigmahl verdünnet wurde. Guericke hinge-

gen konnte die Luft in ſeinem Recipienten, mehr als 1000mahl verdünnen, da er denſelben gegen das Eindringen der äußern Luft durch das Waſſer ſo wohl verwahrte.

Um das Jahr 1675 kam Dionyſius Papin, ein franzöſiſcher Arzt und zulezt Profeſſor der Mathematik zu Marburg — derſelbe, der ſich durch die Erfindung des von ihm benannten Papinianiſchen Topfes ſo berühmt machte — und brachte an der Boyliſchen Luftpumpe folgende Verbeſſerungen an. Er verwarf die Boyliſche gezahnte Kolbenſtange wegen der Langſamkeit der Arbeit, und wählte dafür eine ganz einfache, welche unten mit einem Steigbügel verſehen war, den man mit dem Fuße niedertrat. Er war der erſte, der — auf Huyghens Rath — den Teller auf die Luftpumpe ſetzte. Dieß war eine wichtige Verbeſſerung. Nun bedurfte man nicht mehr der Kugeln, ſondern konnte Glocken, umgekehrte Trinkgläſer und

dergleichen gebrauchen, wodurch die Anſtellung der Verſuche ungemein erleichtert wurde. Natürlich mußte durch dieſe Einrichtung der Hahn an dem Halſe des Guerikiſchen und Boyliſchen Recipienten wegfallen. Papin erſetzte ihn durch ein Blaſen-Ventil, am Ende des Communicationsrohrs. Siehe Acta Erud. Lips. 1687 mens. Jun. p. 324, wo ſich auch eine Abbildung der Papinianiſchen Luftpumpe findet.

Nun gab man der Luftpumpe verſchiedene Lagen und verſah ſie entweder mit Hahnen oder Ventilen. Die berühmteſten darunter, bis auf die Smeatonſche, ſind: die Senguerdſche, die Hauksbeeſche, die Leupoldſche und die Nolletſche.

Die Senguerdſche Luftpumpe — von Wolferd Senguerd, Profeſſor zu Leiden, iſt mit einem doppelt durchbohrten Hahn und mit einem ſchiefliegenden Cylinder verſehen; und die gezahnte

Stämpelſtange wird vermittelſt eines Kreuzhaspels aus- und ein gewunden. Dieſe Luftpumpe, die im Jahr 1697 zu Stande kam, wurde bald nachher in Deutſchland faſt allgemein bekannt und beliebt. Daher kömmt ſie auch faſt in allen deutſchen Handbüchern der Naturlehre und der angewandten Mathematik vor. Wolf — dem ſie dieſe Celebrität ſo vorzüglich verdankt — ſtellte alle ſeine Verſuche mit einer Senguerdiſchen von Leupold verfertigten Luftpumpe an. Die Lichtenbergiſche wurde von Muſſenbroeck, einem Bruder des berühmten Phyſikers, verfertiget. Er fand ſie einmahl im Göttingiſchen Zeughauſe verroſtet, und erhielt die Erlaubniß, ſie zu ſich zu nehmen.

Die Hauksbeeſche Luftpumpe iſt mit doppelten, vertikal ſtehenden Cylindern und mit Blaſen-Ventilen verſehen. Die bezahnten Kolbenſtangen werden durch ein Stirnrad, vermittelſt einer

Kurbel auf- und niedergewunden. Es ſoll durch dieſe Luftpumpe die Arbeit möglichſt verkürzt werden. Während mittelſt des einen Cylinders die Luft aus dem Recipienten geſogen wird, wird mittelſt des anderen die ausgeſogene Luft weggeſchafft.

Die Leupoldſche unterſcheidet ſich von derſelben nur dadurch, daß die Kolbenſtangen an einer Art Wagebalken durch einen doppelarmigten Hebel auf- und niedergedrückt werden.

Nollet's einfache und doppelte Luftpumpe hat die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmahl in die rechte Stellung verſetzt. — La Caille hat die erſtere unter die Geſtirne verſetzt. Schade, daß er dazu keine beſſere wählte. Aber Nollet war ja ſein Landsmann. — S'Graveſands einfache und doppelte Luftpumpen ſind im Weſentlichen den Nolletſchen ähnlich, nur mehr zuſammengeſetzt.

Die Geſchichte der Luftpumpe bis zur Smeatonſchen, findet man im IVten Bande des Karſtenſchen Lehrbegriffes der geſammten Mathematik.

Endlich kam Smeaton und brachte die Luftpumpe zu einem hohen Grade von Vollkommenheit. Ihrer bediente ſich Lichtenberg in ſeinen Vorleſungen, und ſie wurde jedesmahl auseinander gelegt und Stück für Stück erklärt. Sie iſt nach den von Nairne und Blunt dabey angebrachten Verbeſſerungen, nach der Vorrede des Compendiums beſchrieben. Auch Leiſte zu Wolfenbüttel hat einige Verbeſſerungen zu dieſer Luftpumpe angegeben. Doch die wichtigſten unſtreitig haben Hurter und Haaß, jener ein Schweizer, dieſer ein Deutſcher, angebracht. Auch die Schraderſche Luftpumpe — mit metallenen Kugelventilen iſt nur eine Vebeſſerung der Smeatonſchen.

Die Cuthberſonſche Luftpumpe

ohne Hähne und Ventile, wie ſie ihr Erfinder Johann Cuthberſon, ein geſchickter engliſcher Mechaniker zu Amſterdam — nennt, ſucht durch Stöpſeln, den gewünſchten Endzweck einer Luftpumpe zu erreichen. Prof. Succov zu Heidelberg hat davon eine gute Beſchreibung geliefert.

In den neuern Zeiten wollte man ſich ſtatt des Emboli, des Queckſilbers bedienen. Baader, ein Arzt zu München, hat dieß zuerſt angegeben. Es wird (Fig. 9.) bey offnem Hahn a (der, wie bey der Senguerdſchen Luftpumpe doppelt durchbohrt iſt) und verſchloſſenem Hahn b, in den Trichter A ſo lange Queckſilber gegoſſen, bis ſich nach hydroſtatiſchen Grundſätzen, die beyden Röhren und das Gefäß B damit füllt. Nun wird der Hahn a geſchloſſen, der Hahn b geöffnet; das Queckſilber in dem Gefäße B und in der an demſelben befindlichen 32 Zoll langen Röhre fließt zur Oeffnung b ſo lange heraus, bis es bis d gefallen iſt,

wo die Federkraft der verdünnten Luft über d zugleich mit der Queckſilberſäure d e dem Drucke der Atmoſphäre das Gleichgewicht hält; die in der Glocke C befindliche Luft breitet ſich durch die Röhre c in das Gefäß B und die darunter befindliche Röhre aus, — und wird folglich verdünnt. Wird nun das ausgefloſſene Queckſilber, auf die vorige Art wieder in den Trichter A gegoſſen, und dieß öfter wiederhohlt: ſo wird die Luft in der Glocke immer mehr verdünnt oder ausgepumpt. — Weil das beſtändige Abzapfen und Wiedereingießen des Queckſilbers ſehr beſchwerlich war: ſo erfand Baader noch einen Mechanismus, daß man die unter dem Trichter A befindliche Röhre, niederlaſſen kann, ſo daß dieſelbe in die Lage D zu liegen kömmt.

Hindenburg brachte bey dieſer Baaderſchen Luftpumpe eine recht ſinnreiche Verbeſſerung an. Er vertauſchte die Röhre unter dem Trichter, mit einer gewöhnlichen

Pumpe. Bey niedergeſtoſſenem Stämpel iſt der ganze Raum des Gefäßes B, der darunter befindlichen Röhre, und des untern Theils des Cylinders genau mit Queckſilber gefüllt. Wird aber der Stämpel aufgezogen, ſo ſinkt das Queckſilber in dem Gefäße B herab, das Gefäß wird leer, und ſo die Luft in der Glocke verdünnt.

Die Cazaletſche Luftpumpe iſt ganz nach den Grundſätzen der Hindenburgiſchen eingerichtet, nur daß er ſich ſtatt des Queckſilbers des Waſſers bedient.

Von den Luftpumpen durch Waſſerdämpfe kann erſt in dem Abſchnitte, von der Wärme, Nachricht gegeben werden. *)

§. 218.

Einrichtung der Luftpumpe.

Iſt ſchon in den beyden vorhergehenden Paragraphen vorgekommen. Ueber die

*) Von den neuern Luftpumpen ſiehe das Fiſcher'ſche Wörterbuch; Gilbert's Annalen und Buſch's Almanach.

neuere Einrichtung der Luftpümpe leſe man Lichtenbergs muſterhafte Beſchreibung der verbeſſerten Smeaton'ſchen Luftpumpen, im Erxleben'ſchen Compendio, nach der Vorrede. — Man muß die Hahnenſprache recht wohl verſtehen, wenn man mit Luftpumpen umgehen will, die mit Hahnen verſehen ſind.

Könnten die Stämpel ſo verfertigt werden, daß zwiſchen ihnen und den Hahnen keine Luft ſitzen bliebe: ſo verdienten die Luftpumpen mit Hahnen immer den Vorzug. Lichtenbergs Bruder hat eine ſolche angegeben. Die Ventile werden nähmlich am Ende von der verdünnten Luft nicht mehr gehoben, und dann ſteht die Verdünnung ſtille. Zwar iſt dieſem Gebrechen der Luftpumpen mit Ventilen durch die Verbeſſerung von Hurter und Haaß abgeholfen worden. Sie haben, jeder auf eine andere Art, ein Pedal am Boden des Stiefels angebracht, mittelſt deſſen das Bo-

denventil durch Treten geöffnet, und der Luft, ſo dünn ſie auch ſey, der freye Durchgang verſtattet wird. Allein ſo ſinnreich auch dieſe Einrichtung iſt, ſo thut ſie doch die gehoffte Wirkung nicht, wenn nicht auch, durch die beyden noch übrigen Ventile, der Luft ein eben ſo freyer Durchgang verſchafft wird.

§. 222.

Verdünnung und Verdichtung der Luft durch die Luftpumpe.

Daß die Luft vermittelſt der Luftpumpe nie gänzlich aus einem Gefäße weggenommen werden könne, iſt mathematiſch gewiß. Erxleben irrt indeß, wenn er behauptet: bey einer Höhlung des Cylinders und der Röhre $= \frac{1}{3}$ der Höhlung der Glocke, würde nach 4 Zügen, $\frac{16}{81}$ der erſten Luft unter der Glocke bleiben. Dieß würde der Fall ſeyn, wenn die Capacität des Cylinders und der Röhre $= \frac{1}{2}$ der Glocke wäre. Es muß heißen $(\frac{3}{4})^4 = \frac{81}{256}$.

Man kann ſich ſeinen Fehler auf folgende Art erläutern. Es ſey (Fig. 10.) A + B + C der Raum der Glocke und D der Raum des Stiefels und des Röhrwerks: ſo iſt dieß der Fall, von dem Erxleben eigentlich ſprechen will. Aber er nimmt ſtillſchweigend den Fall an, wo B + C den Raum der Glocke und D den Raum des Stiefels und des Röhrwerks vorſtellt.

Da nun die Luft nie gänzlich ausgepumpt werden kann: ſo frägt ſich, wie weit man die Verdünnung derſelben treiben könne? Man will dieſe theils durch ein kleines Barometer (§. 223.), das man unter die Glocke ſetzt, theils durch ein großes (§. 224.), das man außerhalb anzubringen pflegt, beſtimmen. Allein wie viel die Luft verdünnet worden ſey, zeigen dieſe Inſtrumente eigentlich nicht, ſondern nur, wie ſtark das noch übrige Fluidum im Recipienten drückt. Und da die-

ſer Druck wieder theils von der Wärme des Ueberbleibſels, theils von der Beſchaffenheit deſſelben abhängt: ſo ſieht man die Unzulänglichkeit der Barometer zu dieſer Beſtimmung. Es entſtehen nähmlich beym Verdünnen der Luft elaſtiſche Dämpfe, die ihre Stelle vertreten und auf die Barometer wirken, die daher hier bloße Elaſticitätszeiger ſind.

Der eigentliche wahre Luftverdünnungsmeſſer oder Dichtigkeitszeiger bleibt nur die ſogenannte Birnprobe. Smeaton iſt der Erfinder dieſes Inſtruments und nannte es Pear-gage, von der Aehnlichkeit, die es mit einer Birne hat. Alſo ja nicht: „Die „Birnprobe iſt ein Inſtrument von Pear „einem Engländer erfunden, und heißt im „Engliſchen Pear-gage," — wie einer von Lichtenbergs Zuhörern ſich merkte. Der deutſche Nahme rührt von Käſtner her. Siehe darüber die Lichtenberg. Beſchreibung der Smeatonſchen Lupftpumpe. — Es er-

eignet ſich bey derſelben der Fall, daß ein ſchwereres Fluidum auf ein leichteres gegoſſen wird.

Daß man mit der neueren Luftpumpe die Luft auch verdichten könne, iſt bekannt. Nahmentlich iſt dazu die Smeatonſche vortreflich eingerichtet. — Siehe die Beſchreibung derſelben. — Schraubt man über die Oeffnung des Tellers eine zuſammengefaltene Blaſe, und verdichtet die Luft: ſo dehnt ſich die Blaſe beym erſten Zuge aus, und zerplatzt bald, mit einem großen Knall. — Auch eine Blaſe von Federharz, läßt ſich auf dieſe Art ausdehnen, wenn man vorſichtig zu Werke geht.

Nähere Unterſuchung der Luft.

§. 225

Die Luft durchdringt nicht alle Körper.

Glas, Metall und naſſes Leder permeirt die Luft nicht; wohl aber das Holz

und tauſend andere Körper. — Vom Holze hat hierüber ſchon Guericke die (für ihn) ſo traurige Erfahrung gemacht, wie wir oben geſehen haben. — Welch eines engen Weges die Luft bedürfe, um in die Körper zu dringen, kann man ſich auch durch die Luftpumpe verſinnlichen. Man ſchraube eine meſſingene Röhre, die ſich oben in die engſte Oeffnung endet, die eine Röhre nur haben kann, in das Loch des Tellers derſelben, ſtürze eine Glocke darüber und pumpe die Luft aus: die Glocke wird eben ſo feſt auf dem Teller ſitzen bleiben, als wenn man ohne Röhre gepumpt hätte.

§. 226.

Druck der Luft durch die Luftpumpe erwieſen.

Lichtenberg ſtellte folgende Verſuche über den Druck der Luft mit der Luftpumpe an.

1. Wird eine Glocke auf den Teller der Luftpumpe geſetzt, und die Luft heraus-

gepumpt: ſo ſitzt ſie feſt an dem Teller. Der ſimpelſte und zugleich offenbarſte Beweis für den Druck der Luft!

2. Wird das ſogenannte Daumenglas — ein gläſerner, hohler, unten etwas weiterer Cylinder — über das Loch des Tellers der Luftpumpe geſetzt; die obere Oeffnung mit dem Daumen oder der Hand bedeckt; und dann die Luft darunter ausgepumpt: ſo wird der Daumen oder die Hand ſo feſt an das Glas gezogen, daß man ſie nicht wegbringen kann. — Eben ſo, wenn man ſtatt des Daumenglaſes einen meſſingenen hohlen Halbkegel nimmt, und auf denſelben einen Apfel und dergleichen etwas ſcharf einſetzt: ſo wird der Apfel hinunter gedrückt und zerſchnitten.

3. Wird eine lange dicke, oben verſchloſſene, unten mit Schrauben und Hahn verſehene Glasröhre in das Loch des Tellers der Luftpumpe geſchraubt, die Luft herausgepumpt; hierauf die Röhre bey ver-

ſchloſſenem Hahne weggenommen, und bey geöffnetem Hahn unter Waſſer gehalten: ſo ſchießt das Waſſer mit Vehemenz hinein. Es wird hier zugleich eine Luft entwickelt, die viel dünner iſt, als die atmosphäriſche.

4. Wenn man eine kleine Glocke in eine große hängt *), beyde auf den Teller der Luftpumpe bringt, die Luft aus ihnen herauspumpt, nun die kleine, außerhalb des Teller-Loches niederdrückt, jetzt die Luft zuläßt und die große Glocke wegnimmt: ſo bleibt die kleine feſt an dem Teller ſitzen. Will man ſie wieder los haben, ſo muß die große darüber geſetzt, die Luft ausgepumpt

*) Zu dem Ende iſt an die größere Glocke oben eine meſſingene Haube feſtgeküttet, durch welche ein meſſingener, mit einem Hacken verſehener Drath, luftdicht in die Glocke hineingeht. An dieſem Hacken hängt die kleine Glocke, an welche oben ein Ring feſtgeküttet iſt; und mittelſt dieſes Hackens kann man dieſelbe niederdrücken oder in die Höhe ziehen.

und dann die kleine Glocke in die Höhe gezogen werden. Ein wo möglich noch eclatanterer Beweis für den Druck der Luft.

5. Man ſetze von einer gekrümmten Röhre A (Fig. 11.) den einen Schenkel B in ein Gläschen C welches bis m mit gefärbtem Waſſer *) gefüllt, und an der Oeffnung n luftdicht verküttet iſt, ſo daß die über m auf dem Waſſer befindliche Luft eingeſchloſſen bleibt. Den andern Schenkel D ſetze man in ein gegenüber ſtehendes Gläschen E, welches nichts als Luft enthält, und die Offnung o um den Schenkel herum frey hat. Stürzt man nun über dieß Syſtem eine Glocke, bringt dieſelbe auf den Teller der Luftpumpe und fängt zu pumpen an; was wird geſchehen? die Luft wird aus dem Gläschen E und aus der Röhre A weggepumpt, und wie dieß erfolgt, fängt

*) Gefärbt darum, um den Verſuch beſſer ſehen zu können.

die wenige im Gläschen C eingeſchloſſene Luft ſich auszudehnen an. Sie kann ja nun frey auf das Waſſer wirken, auf das nicht mehr durch die Luft in der Röhre entgegen gedrückt wird. Das Waſſer ſteigt alſo aus dem Gläschen C, mittelſt der Röhre A, ſo lange in das Gläschen E hinüber, bis es zu Ende iſt. Nun iſt die Luft, welche vorher im Gläschen C blos in dem Raume über m zuſammengepreßt war, im ganzen Gläschen und in der Röhre A ausgedehnt. Entwiſchen konnte keine, oder doch nicht merklich viel, weil zwiſchen beyden Schenkeln der Röhre und dem Boden beyder Gläschen nur ein ſehr enger Raum ſtatt findet, der ſich früher von ſelbſt mit Waſſer verſchließt, als Luft zudringen kann. — Sobald man nun aber die Luft wieder in die Glocke zuläßt: ſo fährt ſie auch ins Gläschen E und jagt das Waſſer wieder in das Gläschen C zurück. Denn weil die Luft in dieſem Gläschen und in der Röhre A ſehr ausgedehnet

iſt: ſo vermag ſie dem Druck der eindringenden dichteren Luft nicht zu widerſtehen und muß ſich alſo wieder in ihren alten engeren Raum über m zuſammenziehen. — Es iſt dieß auch zugleich ein ſehr ſchöner Beweis für die Elaſtizität der Luft.

6. Es gehe durch die Haubenöffnung einer Glocke, luftdicht eine gläſerne, oben verſchloſſene, unten offne Röhre; man bringe Glocke und Röhre auf den Teller der Luftpumpe und ſetze unter die Röhre ein Gefäß mit Queckſilber, aber ſo, daß die Röhre daſſelbe nicht erreiche. Nun pumpe man aus dem ganzen Syſteme die Luft tüchtig heraus, und ſchiebe, wenn es geſchehen, die Röhre in das Queckſilber hinein. So lange das Syſtem luftleer bleibt, dringt kein Queckſilber in die Röhre. Was ſollte es denn hinauf drücken, es iſt ja keine Luft da! Sobald hingegen dieſelbe wieder zugelaſſen wird, ſo drückt ſie auf das Queckſilber; in der Röhre iſt keine Luft, die dieſem Drucke wi-

verſtehen könnte; folglich wird das Queckſilber in die Röhre hinaufgetrieben. Und dieß iſt wohl der überführendſte Beweis, daß das Steigen des Queckſilbers in Barometerröhren nur vom Druck der Luft herrühren könne. Freylich könnte man daſſelbe, bey dieſem Verſuche, nicht auf 28 Zoll hinauf treiben. Aber man muß auch nie vergeſſen, daß man die Luft nie ganz wegpumpen könne. — Wird die Luft wieder weggenommen, ſo fällt das Queckſilber aufs neue herunter. Jetzt muß man die Röhre hinauf ziehen. Würde man es vorher thun, ſo lange noch die Luft da iſt, ſo könnte das ſchwer herausplatzende Queckſilber die Glocke zerſchmettern.

7. Unter einer mit einer meſſingenen Haube verſehenen Glocke A (Fig. 12.) befinde ſich das Gefäß B bis m mit Queckſilber gefüllt; es werde eine gläſerne, unten und oben ebenfalls mit einer Haube verſehenen Röhre C an die Glocke bey D feſtge-

ſchraubt; durch dieſe Röhre gehen von oben an, eine andere engere, unten und oben offene, Röhre E bis in das Queckſilber hinab; und an das obere Ende F der weitern Röhre, ſey eine Spritze G feſtgeſchraubt. Wird nun die Luft aus dem ganzen Syſtem weggepumpt, ſo mag man hundert Mahl den Embolus der Spritze hin und her ziehen, es wird kein Queckſilber nachfolgen, weil es ja durch nichts gedrückt wird. Aber ſo bald wieder Luft zugelaſſen wird, geht das Saugwerk wie gewöhnlich von ſtatten — zum deutlichen Beweis, daß auch das Saugen nicht ohne Druck der Luft geſchehen könne.

8. Zu ſehen, um wie viel mehr die Luft unter der Luftpumpe verdünnt werde, als es in der Natur jemahls geſchieht: ſteckt man in ein, zur Hälfte mit Queckſilber gefülltes Gläschen, ein oben verſchloſſenes, ebenfalls mit Queckſilber gefülltes, ungefähr 3 Zoll hohes Glasröhrchen. Natürlich wird

das Queckſilber aus dem Röhrchen nicht heraus fließen. Dieß Röhrchen kann man nur für ein äußerſt tief gefallenes Barometer halten, ſo wie es in der Natur niemahls fällt. Stürzt man nun aber eine Glocke über das Glas, und pumpt die Luft weg, ſo ſinkt das Queckſilber aus dem Röhrchen alſobald zu dem übrigen im Glaſe herab. Der Druck der Luft iſt hier nicht vermögend, das Queckſilber nur 3 Zoll hoch zu erhalten, da er es doch in der freyen Natur 28 Zoll hoch erhält. — Was übrigens aus dieſem Verſuche auf die eigentliche Verdünnung der Luft unter der Glocke zu ſchließen ſey, iſt oben (§. 222.) vorgekommen.

9. Für den Verſuch, daß im luftleeren Raume alle Körper gleich ſchwer ſind, hatte Lichtenberg einen großen Glascylinder von ungefähr 4 Zoll im Durchmeſſer und 2½ Schuh Höhe. Auf dieſen Cylinder paßt oben ein meſſingener Deckel genau an. An der untern Fläche

des Deckels ſind 4 oblonge Klappen angebracht, die ſich in eine Spitze enden und mittelſt folgender Schraubeneinrichtung, entweder dem Deckel gleichlaufend, oder an demſelben herabhängend erhalten werden können. Durch den Mittelpunkt des Deckels geht nähmlich in einer Schraubenmutter, luftdicht eine Schraube, an deren äußerſtem Ende eine runde mit einem Ausſchnitte verſehene Platte befeſtiget iſt. Auf dieſer Platte ruhen die Spitzen der Klappen, wenn man ſie in horizontaler Lage haben will. Dreht man aber die Schraube herum, ſo kömmt eine Spitze nach der andern auf den Ausſchnitt der Platte zu liegen und weil ſie hier keine Unterſtützung findet, fällt die Klappe hinab. — Auf jede der Klappen legt man in ihrer horizontalen Lage, einen Louisd'or und auf den Louisd'or das oberſte Ende eines ungeſchlißenen Federſpuls; bringt den Deckel ſo bewaffnet auf den Cylinder, der ſchon auf der Luft-

pumpe ſteht, drückt ihn feſt an, und pumpt tüchtig eine Weile fort. Jetzt wird die Deckelſchraube herumgedräht; ſo wie der Ausſchnitt des Schraubentellerchens an eine Klappenſpitze kömmt, läßt es die Klappe entſchlüpfen, und Louisd'or und Feder fallen nicht nur mit gleicher Geſchwindigkeit auf den Teller der Luftpumpe herab, ſondern die Feder hüpft auch eben ſo hoch vom Boden in die Höhe, als der Louisd'or.

§. 227.

Stärke des Druckes der Luft, durch die Luftpumpe beſtätiget.

Wird über ein weites, oben und unten offnes Glas, eine Blaſe ſo feſt gebunden, daß keine Luft durchdringen kann; wird hierauf das Glas auf den Teller der Luftpumpe gebracht, und die Luft weggepumpt: ſo verwandelt ſich die ebene Fläche der Blaſe in eine konkave und platzt endlich mit gro-

ſem Knall, wenn ſie nicht allzuſtark iſt. Sollte dieß der Fall ſeyn, und man wollte ſie ja platzen ſehen: ſo darf man nur ein wenig mit dem Finger nachhelfen, und mit demſelben auf die Blaſe ſtoſſen. — Eben ſo zerplatzt eine eckichte Flaſche ſogleich beym zweyten Zuge, wenn man ſie mit der Mündung auf die Luftpumpe ſchraubt, und die Luft herauszieht. — Damit das Glas nicht umher ſpritze, wird über die Flaſche eine Glocke geſtürzt, und damit die Glocke nicht zerſprengt werde, wird über die Flaſche ein Drathnetz gehangen. — Daß die Glocken, deren man ſich bey der Luftpumpe bedient, nicht platzen, rührt daher, weil ſie rund und gewölbförmig ſind. Ein Gewölbe ſtürzt aber deßwegen nicht ein, weil Alles zugleich fallen will.

§. 228.

Magdeburgiſche Halbkugeln.

Noch weit eclatanter wird die Stärke des Druckes der Luft mittelſt der Luftpum-

ye durch folgenden Verſuch beſtätiget. Man ſetze zwey, genau übereinander paſſende, meſſingene, hohle Halbkugeln zuſammen, ſchraube ſie in die Oeffnung des Tellers der Luftpumpe ein, pumpe die Luft heraus, drähe den über der Schraube angebrachten Hahn zu, daß keine Luft in die Kugeln dringen könne, nehme ſie von dem Teller weg, ſchraube dann an die eine einen ſolchen Ring an, wie ſich ſchon an der andern befindet, und verſuche nun, beyde Kugeln von einander zu bringen: man wird es durchaus nicht im Stande ſeyn. — Bey der Dimenſion der Kugeln, mit welchen Lichtenberg dieſen Verſuch anſtellte, — ſie hatten 5 rheinländ. Zoll im Durchmeſſer — würde eine Kraft von 372 Pfund erforderlich geweſen ſeyn, um ſie, wenn ſie z. B. an einer Mauer befeſtiget geweſen wären, von einander zu reiſſen.

Otto von Guericke ſtellte dieſen Verſuch mit ſeinen ſo berühmten Magdeburgiſchen Halbkugeln, auf dem Reichstag

zu Regensburg, im Jahr 1654 vor dem Kaiſer Ferdinand III. an. Es machte damahls eben ſo viel Aufſehen, als in unſern Tagen die Luftſchifferey. Seine Kugeln hatten 0,95 magdeburgiſche Ellen = 1,732 Pariſer Fuß = 250 Pariſer Linien, im Durchmeſſer. Die Theſis war: es könnten 30 Pferde, zwey Halbkugeln nicht auseinander reiſſen, die er doch auseinander blaſen wolle. In ſeinen Experimentis novis Magdeburgicis iſt der ganze Verſuch, wie er ihn vor dem Kaiſer anſtellte, abgebildet.

§. 229.

Das Gewicht eines gewiſſen Raumes voll Luft zu finden.

Das Gewicht eines gewiſſen Raumes voll Luft zu finden, iſt unendlich ſchwer und noch bis dieſe Stunde nicht genau beſtimmt.

In Schweins- oder Rindsblaſen, die man zuerſt luftleer machen, und

dann mit Luft aufgeblaſen, wiegen wollte, kann man die Luft nicht gut abwägen. Sie ſind ſehr klein; wenn daher ein Fehler begangen wird, ſo wird er erſtaunlich vermehrt. Die Luft läßt ſich auch aus denſelben ſchwer wegnehmen. Und man weiß ja gar nicht, wie weit ſie ſich auftreiben laſſen.

Deßhalb hat man eine andere Einrichtung ausfindig gemacht. Man nimmt ein bouteillenförmiges Glas, das vermittelſt eines Hahnes genau verſchloſſen und an die Luftpumpe geſchraubt werden kann. Dieſes Glas ſetzt man, auf einer genauen Wage mit einem gewiſſen Gewichte ins Gleichgewicht, bringt es dann auf die Luftpumpe und pumpt die Luft, ſoviel als möglich heraus. Nun hängt man es wieder auf die Wage, wiegt es genau ab, und erhält alſo das Verlangte. Aber man muß ja nicht vergeſſen, daß man hiedurch nur eigentlich das erfährt: Wie viel die Luft wiegt, die man weggenommen hat; weiter

nichts; denn man kann ja nur die Luft verdünnen, aber nicht gänzlich herausnehmen. Man muß alſo immer auch die zurückgebliebene in Anſchlag bringen, und dazu dient folgendes Verfahren. Man bringt das Glas unter Waſſer, das man ſo luftleer als möglich gemacht hat, öffnet den Hahn, und nun ſtrömt das Waſſer hinein und füllt den ganzen luftleeren Raum aus. Was nun von Luft in dem Glaſe übrig bleibt, tritt, wenn man daſſelbe umdräht, in den Hals des Glaſes und kann entweder hier, wenn er dazu eingerichtet iſt, oder in ein anderes dazu eingerichtetes Gefäß mit Waſſer geleitet und daſelbſt gemeſſen werden. Der Raum dieſer Luft von dem obigen abgezogen, gibt zum Reſte den Raum der Luft, welchen man wirklich gewogen hat. — So weiß man alſo genau, wie viel ein gewiſſer Raum voll Luft wiegt. Allein freylich iſt auch dieſes Verfahren manchen nothwendigen Irrungen unterworfen, und es treten dabey Schwie-

rigkeiten ein, die hier noch nicht einmahl verſtändlich gemacht werden können, nähmlich wegen des Gewichtes, des in dem ausgepumpten Glaſe befindlichen Dampfes. — Nach dieſer Methode hat der Engländer Sir Charles Schuckburgh, die Luft wirklich gewogen, und aus ſeinen Reſultaten weiß man erſt genau das eigene und ſpecifiſche Gewicht derſelben. Er gibt das Gewicht von 100 Kubikzoll Luft bey Barometerhöhe zwiſchen 29,5 und 30 engliſche Zoll und Thermometerſtand zwiſchen 50 und 60 Gran Fahrenheit zu 31,0197 Gran an. Eben ſo viel deſtillirtes Waſſer wog bey der nähmlichen Barometerhöhe und Thermometerſtande 25318 Gran. Das ſpecifiiſche Gewicht des Waſſers verhält ſich alſo zum ſpezifiſchen Gewicht der Luft wie 25318 : 31,0197 ; alſo wie 816 : 1, oder die Luft iſt 816 Mahl leichter als das Waſſer *).

---

*) Gren (Grundr. der Naturl. §. 807.) fand

Ein anders, ſchönes Verfahren, das Gewicht der Luft zu beſtimmen, zeigt die Höhenmeſſung mit dem Barometer. Weiß man nähmlich genau das ſpezifiſche Gewicht des Queckſilbers und der Höhe einer Luftrevier: ſo kann man daraus auch das Gewicht der Luft für dieſe Höhe finden. — Indeß dieß läßt ſich freylich hier nur anzeigen aber noch nicht erklären. Vorläufig kann man ſich merken, daß das Queckſilber

---

bey einer Temperatur von 65° Fahrenheit und Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien und bey nicht ſehr feuchter Luft, das Gewicht einer Luftkugel von 119 1/2 rheinl. Dezimalkubikzoll, 73 1/2 Gran Medizinalgewicht und berechnet daraus, daß ein rheinl. Dezimalkubikzoll Luft 147/239 oder 0,615 Gran in Medizinalgewicht wiege; — daß, da ein Dezimalkubikzoll Waſſer bey obiger Temperatur 492,229 Gran wiegt, ſich das eigenthümliche Gewicht des Waſſers zu dem der Luft, wie 492,229 : 615 oder nahe, wie 800 : 1 verhalte; und daß, wenn man das eigenthümliche Gewicht des Waſſers zur Einheit annimmt, das der Luft = 0,00125 ſey.

auf 72 Fuß ſchon um eine Linie fällt, und daß man recht gut noch 16 Theile einer Linie bey dem Barometer beobachten könne.

§. 230.

Elaſtizität der Luft durch die Luftpumpe erwieſen.

Die Luftpumpe ſetzt die Elaſticität der Luft gewiſſermaſſen ſchon voraus. Jedoch läßt ſich dieſelbe damit auch durch unzählige Verſuche beweiſen. Der bekannteſte iſt mit einer feſt zugebundenen und ſo zuſammengefalteten Blaſe, daß nur wenig Luft darinn enthalten ſeyn kann. Legt man ſie nähmlich unter die Glocke einer Luftpumpe und pumpt die Luft weg, ſo ſchwillt ſie bey jedem Zuge immer ſtärker auf, und bekömmt das Anſehen, als ob ſie aufgeblaſen worden wäre. So wie aber Luft zugelaſſen wird, ſinkt ſie wieder zuſammen.

Dieſer ſimple Verſuch wird auf verſchiedene Art variirt. Eine Variation davon iſt folgende: In eine meſſingene Büchſe lege man eine feſt verbundene, aber zuſammen gedrückte Blaſe, bringe ſie unter die Glocke einer Luftpumpe, und beſchwere den Deckel derſelben mit einigen Bleyplatten. Wird nun die Luft aus der Glocke gepumpt, ſo dehnt ſich die wenige in der Blaſe befindliche Luft ſo aus, daß ſie den Deckel der Büchſe mit den Gewichten in die Höhe treibt. Damit dieſe nicht herab fallen, und etwa die Glocke zerſchmettern, geht vom Deckel der Büchſe ein Stäbchen aufwärts, an welches die durchbohrten Platten geſteckt werden, und dieſem Stäbchen begegnet ein anderes, von dem Gewölbe der Glocke herab.

Eine andere Variation des obigen Verſuches, iſt die mit dem ſogenannten Lungenglaſe, das ſeinen Nahmen von dem berühmten Streite hat, der zwiſchen Hal-

ler und Hamberger darüber geführt wurde, ob zwiſchen der Lunge und der Pleura ſich Luft befinde, und wie die Thiere ſterben, wenn ihnen die Luft entzogen wird. Es beſteht aus einem hohlen Kugelglaſe, das oben eine Oeffnung hat. (S. Fig. 13.) In dieſem Glaſe iſt eine ausgedehnte Blaſe, die mit dem Rande ihrer Oeffnung über die Oeffnung des Glaſes geſpannt iſt. Sie iſt ſo ausgedehnt, daß zwiſchen ihr und der inneren Fläche des Glaſes nur wenig Luft ſeyn kann. Die äußere Luft hat mit der Luft der Blaſe Verbindung, die Luft aber zwiſchen der Blaſe und der inneren Fläche des Glaſes iſt verſchloſſen. Die Blaſe ſtellt die Lunge, das Glas die Bruſthöhle vor. — Stellt man nun daſſelbe unter die Glocke der Luftpumpe und pumpt die Luft heraus, ſo preßt die verſchloſſene Zwiſchenluft, die ſich nun ausdehnt, die Blaſe bald zuſammen. Nun glaubte man vorher, die Lunge derjenigen Thiere, die unter der Luft-

pumpe ſterben, werde von der Luft der Bruſthöhle eben ſo zuſammengepreßt, wie hier die Blaſe von der Zwiſchenluft, und das verurſachte ihren Tod. Allein dieß iſt nicht der Fall. Die Urſache ihres Todes iſt vielmehr die, daß die Luft, von der ſie allein leben können, nicht erneuert wird. *) — Läßt man wieder Luft zu, ſo dehnt ſich die Blaſe von neuem aus.

---

*) Das Nähmliche behauptete Lichtenberg ſchon in ſeinem Taſchenbuche für das Jahr 1781. — „Dr. Frank in — heißt es daſelbſt S. 97. — hat ſchon angemerkt, daß ſich aus dem bekannten Verſuche mit der Luftpumpe, da man eine Glocke, von der man die Luft ausgepumpt, nicht mehr klingeln hört, zu übereilt geſchloſſen wird, daß die Luft die einzige Urſache der Fortpflanzung des Schalles ſey. Eben ſo kann man ſagen, daß man übereilt ſchließt, wenn man glaubt, Thiere könnten in dem Guerikiſchen Vakuo nicht lange leben, weil ſie unter der ausgeleerten Glocke ſterben. Bekanntlich ſterben Thiere auch, wenn man ſie eine Zeitlang unter die unausgepumpte Glocke ſperrt. Dieſes muß ſich

Eben ſo zeigt ſich die ausdehnende Gewalt der Luft bey folgendem Verſuche. Man ſtecke in ein kleines gläſernes Gefäß, das zur Hälfte mit Queckſilber gefüllt iſt, eine Barometerröhre, die oben und unten offen iſt, und verkütte die übrig bleibende Oeffnung des Gefäßes recht wohl. Bringt man nun dieſes Gefäß unter eine Glocke, die ſo eingerichtet iſt, daß durch die Haubenöffnung derſelben, eine oben verſchloſſene Glasröhre geht, mit welcher, die durch eben jene Oeffnung geſteckte Barometerröhre bedeckt wird — und pumpt die Luft hinweg, ſo treibt

---

in einer ſehr verdünnten Luft um ſo ſchneller ereignen, je geringer der Vorrath iſt, und der alſo mit einem einzigen Hauch bis zur Tödtlichkeit verdorben werden kann. Um dieſen Verſuch überzeugend zu machen, müßte entweder der ausgeleerte Raum ſehr groß ſeyn, oder man müßte Mittel finden, den noch übrigen geringen Vorrath immer zu erneuern, ohne ihn zu vergrößern."

die wenige, in dem Gefäße verſchloſſene Luft, das Queckſilber in dieſe Röhre hinauf.

Schraubt man eine eckichte, mit Luft gefüllte und wohl verſchloſſene Flaſche, auf die Luftpumpe, ſtürzt eine Glocke darüber und pumpt die Luft aus dieſer weg: ſo wird ſich die in der Flaſche verſchloſſene Luft, vermöge ihrer Elaſticität ausdehnen, und dieſelbe zerſprengen. Man muß hierbey wieder die oben (§. 227.) angegebene Vorſicht gebrauchen.

§. 231.

Heronsball (Pila Heronis).

Der ſprechendſte Beweis für die Elaſticität der Luft iſt der Heronsball. — Wird derſelbe unter eine Glocke geſtellt, und die Luft um ihn herum weggenommen: ſo drückt die in demſelben verſchloſſene Luft, die ſich nun ausdehnt, das Waſſer eben ſo gut in die Höhe, als wenn man zu viel Luft hin-

ein geblaſen hätte. — Er wird in ein Glas-behältniß geſtellt und dann darüber die Glocke geſetzt, damit das herausſpritzende Waſſer nicht in die Luftpumpe dringen könne.

§. 232.

Luft in flüßigen Körpern.

Verſuche hierüber mit gewöhnlichem Waſſer, mit Selzer-Waſſer und mit Braunſchweiger Mumme. Alles geräth ſogleich in Wallung und Aufſchäumung, wodurch ſich die fixe Luft entwickelt, die in dieſen Flüſſigkeiten enthalten iſt. Durch langes Pumpen würden ſie ganz verſchwinden. Aber daß man ja nicht glaube, ſie beſtänden ganz aus Luft. Nein! ſie würden in Dämpfen fortgehen; denn das Selzer-Waſſer bekömmt einen elenden, faden Geſchmack, wenn es von der Luftſäure befreyt wird und fängt beym erſten Stämpelzug zu ſieden an. Das nähmliche geſchähe nun auch

beym Champagner. Man ſieht alſo, daß es nicht gut iſt, wenn Champagnerbouteillen lange Korkſtöpſel haben. Denn indem man ſie herauszieht, entſteht eine kleine Luftpumpe, und ſo würde man dem Champagner ſeine Luftſäure rauben. — Das Nähmliche würde auch mit der Milch geſchehen.

§. 233.

Luft in feſten Körpern.

Verſuche hierüber mit Kork, mit Eyern, und mit einer runzlichten Birne. — Wenn ein Drittel Pfund Kork mit einem Pfund Bley beſchweret und in Waſſer gelegt wird: ſo ſchwimmt das Bley. (Siehe 1ter Thl. S. 451). Wird nun aber alles unter die Glocke gebracht, und die Luft weggepumpt, ſo ſinkt das Bley zu Boden; wird die Luft hinzugelaſſen, ſo kömmt es wieder in die Höhe. Die Luft dehnt nähmlich den Kork aus; er bekömmt bey gleichem Ge-

wicht ein größeres Volumen. Freylich helfen auch die kleinen Mongolfiere, die ſich darüber herſetzen.

Es iſt eine allgemeine Erfahrung, daß die Eyer an dem ſpitzigen Ende kälter ſind, als an dem ſtumpfen; nähmlich unſerer Empfindung nach. Wir nennen diejenigen Körper kalt, die uns die Wärme ſehr ſchnell entziehen. Wenn man im Winter mit nacktem Fuß auf einen polirten Nagel tritt, ſo iſt das eine gar fatale Empfindung; liegt daneben eine Baumwolle, ſo ſcheint ſie uns warm zu ſeyn. Aber das rühret daher: der Nagel iſt ein guter, und die Baumwolle ein ſchlechter Leiter der Wärme. Eben darum finden wir ein Zimmer ſo warm, wenn wir aus kalter Luft in daſſelbe kommen, und dieſe Luft ſo kalt, wenn wir aus dem warmen Zimmer uns in dieſelbe begeben; oder dünken uns die Keller im Sommer ſo kalt, und im Sommer ſo warm zu ſeyn; denn unſer Körper iſt ein ſehr ſchlechtes Thermo-

meter. Nur die erwähnte Erfahrung bey den Eyern hat auch hierinn ihren Grund. Es liegt nähmlich an dem ſtumpfen Ende derſelben ein kleines Häutchen mit Luft gefüllt; alſo eine kleine Luftblaſe, die eine ſchlechte Leiterinn der Wärme iſt; an dem ſpitzen Ende aber liegt das Häutchen ganz an. Macht man nun in das ſpitze Ende ein kleines Loch, hängt das Ey bey dem ſtumpfen, mittelſt einer Schlinge, unter einer Glocke an dieſelbe auf, und pumpt die Luft aus dieſer weg: ſo wird die Luft in der eben erwähnten Blaſe ſo ausgedehnt, daß ſie die ganze Wirthſchaft des Eyes — Eyweiß und Dotter — zur kleinen Oeffnung heraustreibt. Wird hingegen wieder Luft zugelaſſen, ſo kehrt Alles zurück. — Befreyet man das Ey, entweder auf dieſe oder auf eine andere Art von ſeinem Inhalte, ſchneidet hierauf das ſpitze Ende der Schale mit einer ſcharfen Scheere rund herum gleich ab, und bringt nun dieſelbe unter die Glocke, daß das ab-

geſchnittene Ende in die Höhe gekehrt iſt: ſo dehnt ſich, bey weggepumpter Luft, die erwähnte Luftblaſe ſo aus, daß ſie das ganze Ey wieder herzuſtellen ſcheint.

Wird eine runzlichte Birn — es geht dieſen Früchten, wie den Menſchen-Geſichtern — unter die Glocke gebracht, und die Luft weggepumpt, ſo verliert ſie alle Falten, weil die darinn befindliche Luft ſich ausdehnt. Wie manche Dame würde dieſen Verſuch auch an ſich anſtellen laſſen!

§. 236.

Verſchiedene Luftarten.

Man nennt die künſtlichen Luftarten Gaz oder Gas, welches mit unſerem Gäſch oder Geiſt Zuſammenhang hat. Die Lehre von derſelben ſollte eigentlich erſt nach der Lehre vom Feuer abgehandelt werden. Ihr imponderabler Theil iſt ſicherlich und nach allen Sekten Feuermaterie, und nur

der ponderable beſteht aus mehreren andern Materien. Man verſteht darunter jede völlig unſichtbare, für ſich permanente, wäg- und in Gefäße einſchließbare Flüſſigkeit. Sie werden durch die Wärme beträchtlich ausgedehnt, und durch die Kälte zuſammengezogen, ohne jedoch durch letztere je, weder in einen feſten, noch in einen tropfbar-flüſſigen Körper verwandelt zu werden. Auch können ſie nie durch irgend einen Druck zerſetzt werden. Und durch dieß alles unterſcheiden ſie ſich deutlich genug, von den tropfbaren Fluidis, von dem Wärmeſtoff, von der elektriſchen und magnetiſchen Materie, von dem Lichte, und beſonders von den Dämpfen und Dünſten, mit welchen man ſie ſo häufig verwechſelt. — Die Dämpfe nähmlich, die man nach Volta, Halbluftarten nennen kann, werden durch den Druck zerſetzt, und wenn ihnen die Wärme, der ſie ihre Flüſſigkeit zu danken hatten,

entzogen wird, fallen ſie entweder in Tropfen nieder, oder hängen ſich als ein mehllichtes Pulver an. — Die Luft hingegen iſt ein permanent gewordener Dampf. — Wärmeſtoff, elektriſche, magnetiſche Materie und Licht, können weder gewogen, noch in Gläſer eingeſchloſſen werden.

Von dieſen merkwürdigen permanent-elaſtiſchen Fluidis haben unſere ehrlichen Alten ſehr wenig gewußt. Der erſte, bey dem ſo etwas vorkömmt, iſt Theophraſtus Paracelſus. Sein ganzer Nahme iſt: Philippus Aureolus Theophraſtus Paracelſus Bombaſtus ab Hohenſtein. Ein gar ſonderbarer Held! Er wurde bey Zürich im Jahre 1493 geboren, und war ein chemiſcher, medizinischer und theologiſcher Schwärmer. Wirklich alles Mögliche! Er glaubte ein Elixier erfunden zu haben, mit welchem er ſein Leben auf 200 Jahre verlängern könnte, und nannte es Elexier proprietatis. Allein es hat ihm zu nichts geholfen;

er ſtarb ſchon in ſeinem 48 Jahre, im Jahr 1541. Uebrigens war er doch ein großer Kopf, und machte bey den Luftarten viele wichtige Entdeckungen.

Sein ſogenannter Schüler Johann Baptiſt van Helmont, war in Punkto des Schwärmens um kein Haar beſſer. Er wurde zu Brüſſel im Jahr 1577 geboren, nnd ſchon in ſeinem 17ten Jahre Profeſſor der Chirurgie, wiewohl er hernach ſelbſt geſtand, daß er damahls noch kein Wort von der Chirurgie verſtanden habe. Er verwandte ſich hernach auf die Medizin und dann auf die Chemie. Er war, wie geſagt, eben ſo ein Schwärmer, als Theophraſt. So hielt er ſich, z. B. für den einzigen von Gott eingeſetzten Doktor. Indeſſen machte auch er verſchiedene Entdeckungen, ſchrieb vieles und ſtarb im Jahre 1664. Von ihm rührt der Nahme Gas her.

Endlich kam Robert Boyle (S. 1. B. §. 23.) und that ſchon mehr. Doch

weit mehr noch that Hales, und noch weit mehr Prieſtley. Letzterer entdeckte am 1ten Auguſt 1774. die dephlogiſtiſierte Luft, und dieſer Tag wird der Geburtstag der franzöſiſchen oder antiphlogiſtiſchen Chemie genannt.

Die Eintheilung aller bis jetzt bekannten Luftarten, überſieht man am beſten in folgender Tabelle:

Luftarten

Einathembare (respirable)	Mephitiſche (irreſpirable)			
	Entzündbare.		Nicht entzündbare.	
	Mit Waſſer vermiſchbare.	Mit Waſſer nicht vermiſchbare.	Mit Waſſer vermiſchbare.	Mit Waſſer nicht vermiſchbare.
1. Sauerſtoffgas (G. oxygène)	3. Schwefelwaſſerſtoffgas (G. hydrogène sulphuré).	5. Waſſerſtoffgas. (G. hydrogène.	8. Kohlenſtoffſaures Gas. (G. acide carbonique).	15. Stickſtoffgas. (G. azotique)
2. Atmoſphäriſche Luft.	4. Ammoniakgas. (G. ammoniac).	6. Kohlenwaſſerſtoffgas (G. hydrogène carboné).	9. Salzſaures Gas. G. acide).	16. Salpetergas. (G. nitreux).
		7. Phosphorwaſſerſtoffgas (G. hydrogène phosphoré).	10. Ueberſaures ſalzſaures Gas. (G. acide muriatique oxygéné.	
			11. Schwefelſaures Gas (G. acide sulphureux).	

12. Flußſpathſaures Gas. (G. acide fluorique).
13. Phosphorſaures Gas. (G. acide phosphoreux).
14. Oxydirtes Stickſtoffgas. (Oxyde d'azote gazeux).

Man hat dieſen Luftarten erſtaunlich viele Nahmen gegeben. Das Sauerſtoffgas, oder die dephlogiſtiſirte Luft — wie es Lichtenberg immer aus langer Angewöhnung nannte — hat allein dreyzehn Nahmen. Hier kömmt nun wieder die Terminologie der franzöſiſchen Chemiker recht wohl zu ſtatten. Ohne ſie müßte man immer ein kleines Lexikon zur Hand haben. Welches Nahmens ſich auch immer ein Schriftſteller für eine Luftart bediene: ſo ſetzt er auch den franzöſiſchen hinzu; und da iſt man ſogleich im Reinen. In der deutſchen Sprache, fangen die in der Tabelle angeführten Benennungen an, die gangbareſten zu werden: nur daß noch häufig für Sauerſtoffgas dephlogiſtiſirte Luft; für Schwefel-Waſſerſtoffgas, hepatiſche Luft; für Waſſerſtoffgas, inflammable Luft; für Kohlenſtoffſaures Gas, fixe Luft, und für Stickſtoffgas, phlogiſtiſirte Luft vorkommt.

Wie wichtig eine nähere Unterſuchung dieſer Luftarten ſey, iſt wohl kaum nöthig anzuführen. — „Durch ſie — ſagt Lichtenberg im Erxlebenſchen Compendio — haben wir erſt unſere eigene Luft recht kennen gelernt, ganz neue Aufſchlüſſe über die Natur des Feuers bekommen, neue Verhältniſſe der Thiere und Pflanzen gegen einander entdeckt, neue und ſehr einfache Wege gefunden, die feurigen Erſcheinungen in der Natur zu erklären, des Lichts nicht zu gedenken, das durch ſie unſere Kenntniß der Körper überhaupt erhalten hat, da wir nun ſehen, wie durch eine ganz leichte Operation feſte Körper in für ſich permanente, elaſtiſche Flüſſigkeiten, und umgekehrt, elaſtiſche, für ſich permanente Flüſſigkeiten in feſte Körper verwandelt werden können, ein Prozeß, wovon wahrſcheinlich die Natur ſehr häufig in ihrer Haushaltung Gebrauch macht. Man iſt durch ſie der Kenntniß der

Bayerische Staatsbibliothek München

eigentlichen Urſache der Brennbarkeit um ein merkliches näher gekommen; auf ihre verſchiedenen ſpezifiſchen Schweren ſowohl, als Elaſtizitäten, gründen ſich Maſchienen, mit denen man die Luft beſchifft hat u. ſ. w."

Ehe man zur nähern Unterſuchung dieſer Luftarten übergeht, muß man ſich mit dem Manövre bekannt machen, deſſen man ſich beym Umgießen derſelben bedient. — In einem Glaſe iſt atmosphäriſche Luft. Will man Waſſer hineingießen, ſo verfährt man auf die bekannte Art. Man darf nicht dafür ſorgen, daß das Glas vorher von der atmosphäriſchen Luft leer gemacht werde, um dem Waſſer Platz zu machen; denn die Luft, weil ſie 800 Mahl leichter iſt, als das Waſſer, ſtrömt von ſich ſelbſt über, ſobald dieſes in das Glas gegoſſen wird. — So iſt es ſchon nicht, wenn man in ein mit Waſſer gefülltes Glas, Wein gießen will;

da muß man vorher das Glas von dem Waſſer leer machen. — Das nähmliche findet nun auch ſtatt, wenn man in ein Glas, das voll atmosphäriſcher Luft iſt, eine andere Luftart gießen will. Das Glas muß vorher von der atmosphäriſchen Luft leer gemacht werden. Dieß geſchieht nun auf eine ganz ſonderbare Weiſe. Um die atmosphäriſche Luft heraus zu bringen, muß man das Glas mit Waſſer füllen. Jetzt iſt das Glas leer. Nun wird die Bouteille mit der Luftart, welche man in dasſelbe bringen will, darunter gehalten. So ſteigt denn die Luft in die Höhe, weil ſie leichter als das Waſſer iſt, und treibt immer ſo viel Waſſer aus demſelben, bis es endlich ganz damit gefüllt iſt. — Dieß alles geſchieht nun vor der Prieſtleyſchen Tonne deren Einrichtung kurz folgende iſt.

Das Gefäß A B (Fig. 14.) iſt bis C D mit Waſſer gefüllt. Unter dem Waſſer iſt an demſelben ein dickes Brett E angebracht,

welches unten einen trichterförmigen Einſchnitt F hat, und durchlöchert iſt. Ueber die Oeffnung bey G wird nun die Glocke H, die mit Waſſer gefüllt iſt, und in welche die Luftart hineingebracht werden ſoll, geſtürzt. Unter dem Trichter F bringt man das Glas I an, das mit der Luftart voll iſt, und aus welchem dieſelbe in die Glocke H gebracht werden ſoll. Sobald dieß nun geſchieht, perlt die Luft heraus und in die Höhe, in die Glocke H, aus welcher ſie eben ſo viel Waſſer verdrängt, das zur Oeffnung G in die Tonne herabfließt.

Es folgen nun die einzelnen Luftarten in der Ordnung, in welcher ſie in der obigen Tabelle angeführt ſind.

1. Sauerſtoffgas, (Gaz oxygène.)

Wird am wohlfeilſten erhalten, aus dem bey ſtarkem Feuer geſchmolzenen Salpeter, und dem kryſtalliniſchen Braun-

ſtein. — Fontana hat aus einem Kubikzoll Salpeter 800 Kubikzoll Luft erhalten. Die größte Menge, die Prieſtley erhalten hat, war: 1200 Unzenmaaße aus 2 Unzen Salpeter d. i. 134 Göttingiſche Quartierbouteillen aus ½ Pfund. Das Sonderbare iſt noch, daß jemehr man erhält, deſto beſſer die Luft wird. — Die Pflanzen, aus welchen man dieſe Luft erhalten kann, ſind größtentheils ausländiſche z. B. Agave americana, Cactus triangularis, Cactus peruvianus, und Cactus caeruleus. Man verfährt dabey ſo: man bringt dieſe Pflanzen in eine Glocke, füllt dieſelbe mit Waſſer, ſtürzt ſie auf einen Teller, auf welchem natürlich auch etwas Waſſer ſeyn muß, und ſetzt nun alles dem Sonnenlichte aus. Die Wirkung rührt ſchlechterdings, nicht von der Sonnenwärme, ſondern von dem Sonnenlichte her — ein Umſtand, den man ſich recht gut merken muß, weil er zu den Beweiſen für die Körperlichkeit des Lichtes

gehört. Graf Rumford hat den Verſuch auch bey brennenden Kerzen gemacht. Ingenhouß hat zwar widerſprochen; allein Rumford iſt ein viel zu akurater Beobachter, als daß man ihm nicht trauen ſollte — Uebrigens kann man das Sauerſtoffgas auch aus unſerm Kohl erhalten; vorzüglich auch von der Conferva rivularis und von der gemeinen Hauswurz.

Das Sauerſtoffgas zeichnet ſich durch folgende Eigenſchaften aus:

1. Es iſt ſchwerer, als die atmosphäriſche Luft. Das ſpecifiſche Gewicht desſelben, verhält ſich zu dieſer, wie 1103 : 1000 und ein Kubikzoll davon wiegt 0,50694 eines Grans.

2. Es beſitzt weder Geruch, noch Geſchmack, noch ſaure Eigenſchaften.

3. Es verurſacht, durch den Beytritt ſeines Grundſtoffs, des Oxygens, während der Verkalkung der Metalle, das größere, abſolute Gewicht derſelben.

4. Es befördert das Brennen und Verbrennen der Körper auf das lebhafteſte. — Wird über eine brennende Kerze ein mit dephlogiſtiſirter Luft gefülltes Glas geſtürzt, ſo brennt ſie um vieles heller und reiner. — Wird ein Hölzchen angebrannt, und in ein ſolches Glas geſteckt: ſo entzündet ſich die Kohle ſogleich. Eben das geſchieht mit einer ausgeloſchenen Kerze, deren Docht noch glüht. Wird Schwefel in ein ſolches Gläschen gehalten: ſo brennt er auſſerordentlich helle, und mit der ſchönfarbigſten Flamme. Noch weit heller, faſt blendend hell, der Phosphor, bey welcher Gelegenheit ſich die Phosphorſäure, ſo wie beym Verbrennen des Schwefels, die Schwefelſäure erzeugt. — Wird eine Stahlfeder von einer Uhr, an welcher mittelſt eines Eiſendrathes ein glühender Zunder befeſtiget iſt, in ein ſolches Gläschen gehalten: ſo brennt ſich der Zunder in eine Flamme, und der Stahl kocht

und ſchmelzt, die glühenden Funken ſpritzen wie Feuerperlen im Glaſe umher, und ſchmelzen ſelbſt die Glaſur vom irdenen Teller weg, auf welchem das Glas ſteht, ungeachtet ſie erſt durch das Waſſer dahin gelangen. Das Waſſer wird gleichſam weggeblaſen, wie man auch ſolche Kunſtſtücke hat.

5. Es begünſtiget das Athmen. Thiere leben und Lichter brennen darinnen auf 6 bis 7 Mahl länger, als in gemeiner Luft. Man nehme zwey Glocken oder Gläſer, wovon eines mit gemeiner, das andere mit Lebensluft gefüllt iſt, ſtürze ſie über zwey Teller, auf welchen Waſſer iſt, und ſtelle nun darunter zwey Lichter auf Kork geſetzt: das Licht unter der gemeinen Luft löſcht viel eher aus; am Ende muß freylich auch das andere auslöſchen. — Weil die dephlogiſtiſirte Luft dem thieriſchen Leben ſo günſtig iſt, ſo hat man verſchiedene Methoden, zum Einſaugen derſelben ausfin-

dig gemacht. Ingenhouß hat in ſeiner Sammlung vermiſchter Schriften mehrere Einrichtungen angegeben. Nur muß man aber nicht glauben, daß es ein Univerſalmittel wäre. Ja es kann ſogar bey manchen Krankheiten ſchädlich werden, z. B. bey hitzigen. Dieſe Vermuthung hat Lichtenberg in einer der erſten Vorrede zum Compendio, blos aus der Analogie geäußert. Sie wurde aber hernach vom Hofrath Herz zu Berlin beſtätiget. Späterhin wurde unter den Wieneriſchen Aerzten viel darüber diſputirt. Doch dieß gehört nicht hieher.

6. Es begünſtiget das Wachsthum der Pflanzen. Ingenhouß behauptete anfangs das Gegentheil; nahm aber hernach ſeine Behauptung wieder zurück. So fällt denn alſo — pflegte hier Lichtenberg ſcherzweiſe zu ſagen — die Schwierigkeit weg, welche ich bisher noch immer bey meiner Hypotheſe hatte. Ich bin nähmlich der Meinung, daß Adam und die Erzväter

lauter dephlogiſtiſirte Luft eingeſaugt, und deßwegen ſo lange gelebt haben. Nur war mir aber das noch entgegen, daß dieſe Luft den Pflanzen ſchädlich ſeyn ſollte, welche Schwierigkeit nun alſo Ingenhouß gehoben hat.

Nach der neuern Chemie iſt das Sauerſtoffgas eine Verbindung des Oxygens mit Calorique, wovon jenes die Baſis, Grundlage oder der Grundſtoff iſt.

Unter den vielen Nahmen, welche es führt, ſind die, der Lebensluft, Feuerluft, reinen Luft, und dephlogiſtiſirten Luft, die gewöhnlichſten. Lichtenberg bediente ſich aus langer Gewohnheit, immer des letzteren, ungeachtet er das Unſchickliche desſelben ſelbſt eingeſtand.

2. Gemeine oder atmosphäriſche Luft.

Iſt ein Gemiſch aus Sauerſtoff- Stickſtoff- und Kohlenſtoffſaurem

Gas. Lichtenberg gab das Verhältniß dieſer Beſtandtheile folgendermaſſen an: dephlogiſtiſirte Luft $\frac{4}{18}$ phlogiſtiſirte $\frac{11}{18}$, fixe $\frac{1}{18}$. Jetzt weiß man dieſe Beſtandtheile genauer. Jedes Quantum atmosphäriſcher Luft enthält nähmlich:

1. an Sauerſtoff	0,210	Theile.
2. an Stickſtoff	0,787	=
3. an Kohlenſäure	0,000	=
	1,000	

3. Schwefel-Waſſerſtoffgas,
(Gaz hydrogène sulphuré.)

Wird erhalten, wenn man Schwefelleber in mit Waſſer verdünnten Säuren auflößt, und zeichnet ſich durch folgende Eigenſchaften aus:

1. Es beſitzt einen ſehr unangenehmen Geruch, faſt den von faulen Eyern.

2. Löſcht ein hineingebrachtes Licht aus: iſt aber ſelbſt entzündlich, jedoch nicht

ohne Beymiſchung von atmosphäriſcher Luft.

3. Es wird vom Waſſer, beſonders vom kalten verſchluckt, und das Waſſer wird dann durch ſeinen widrigen Geſchmack und übriges Verhalten, den ſogenannten Schwefelwäſſern ähnlich.

Nach der neuen Chemie iſt die Baſis dieſes Gaſes: Hydrogene und Schwefel und es führt noch folgende Nahmen: hepatiſche Luft, Schwefelleberluft, ſtinkende Schwefelluft, ſchwefelhaltiges oder geſchwefeltes Waſſerſtoffgas.

4. Ammoniakgas, (Gaz ammoniac.)

Wird erhalten, wenn man einen Theil Salmiak, mit zwey Theilen friſch zerfallenem Kalk vermiſcht, mit etwas Waſſer befeuchtet, und in einer Retorte gelinde erhitzt. Es muß, weil es mit dem

Waſſer ſo äußerſt vermiſchbar iſt, über Queckſilber aufgefangen werden.

Die vorzüglichſten Eigenſchaften desſelben ſind folgende:

1. Es verhält ſich zu den Pflanzenfarben, wie ein Alkali, färbt alſo den Veilchenſaft grün.

2. Bildet mit dem Waſſer, mit dem es ſich ſehr ſchnell vereinigt, den ſogenannten ätzenden Salmiakgeiſt.

3. Das Eis wird davon ſchnell zum Schmelzen grbracht.

4. Wird es mit ſauren Gasarten in Verbindung gebracht, ſo ereignet ſich das ſchöne Phänomen, daß beyde Gasarten ihre Luftform verlieren und in einen feſten Körper übergehen. — Daß alſo zwey permanent elaſtiſche, unſichtbare Fluida, die für ſich Jahrhunderte lang ſo geblieben wären, in einen feſten ſichtbaren Körper verwandelt werden, ſobald ſie ſich untereinander berühren. Mit dem ſalzſauren Gas z. B.

wird auf dieſe Art der Salmiak gebildet. Lichtenbergs Freude war unbeſchreiblich, als er dieſen Verſuch zuerſt bey Prieſtley zu einer Zeit ſah, da dieſer die Entdeckung noch nicht lange gemacht hatte. Er ließ den Verſuch im Collegio gerade ſo anſtellen, wie er ihn bey Prieſtley ſah. Zuerſt wurde ſalzſaures Gas, — von welchem weiter unten — dann Ammoniakgas gemacht, und beyde in gleichen, oben verſchloſſenen, einen Zoll im Durchmeſſer haltenden Glasröhren aufgefangen.

Hierauf wurden beyde Röhre in eine gläſerne Schüſſel mit Queckſilber geſtellt und das Ammoniakgas zum ſalzſauren Gas hinübergelaſſen. Ueber der Schüſſel befand ſich ein Holzgeſtell, an welches die Röhren angelehnt wurden. — Man darf ſo eine Röhre, in welcher ſich der Salmiak entwickelt hat, nicht nahe zur Naſe bringen.

Nach der neuen Chemie beſtehet dieſes Gas aus Stickſtoff und Waſſer-

ſtoff. In hundert Theilen ſind gegen 80 des erſteren enthalten.

Die verſchiedenen Nahmen dieſes Gaſes ſind folgende: Laugenartiges Gas, flüchtig-alkaliſches Gas, flüchtig-alkaliſche Luft, laugenſalzige Luft, urinöſe Luft.

5. Waſſerſtoffgas oder inflammable Luft, (Gaz hydrogène.)

Wird am gewöhnlichſten und wohlfeilſten erhalten, wenn man auf Eiſenſpäne oder grobgekörnten Zink, mit Waſſer verdünnte Vitriol- oder Salzſäure gießt. — Man hat auch aus Kartoffeln inflammable Luft gemacht. Ein neues Beyſpiel, was nicht alles aus Kartoffeln gemacht werden kann. — Eben ſo erhält man auch das Waſſerſtoffgas, wenn man Waſſerdämpfe mit glühendem Eiſen in Berührung bringt. Der Verſuch hierüber iſt um ſo merkwürdiger, da er über die Zu-

ſammenſetzung des Waſſers und über die Natur des Waſſerſtoffgas ſelbſt, ſo ſchöne Aufſchlüße gibt. Man bringe in eine eiſerne Retorte, an welche ein eiſerner Flintenlauf geſchmolzen iſt, reines Waſſer, und erhitze dasſelbe durch ein darunter ſtehendes Kohlenbecken. Eben ſo werde der eiſerne Flintenlauf, der an die Retorte geſchmolzen und bey ſeinem andern Ende in den Trichter einer pnevmatiſchen Wanne gebogen iſt, glühend gemacht. So wie nun das Waſſer in der Retorte zum Kochen gebracht wird, und die Dämpfe desſelbeu durch die glühenden Stellen des Rohrs ſtreichen, werden ſie in inflammable Luſt verwandelt, und gehen als ſolches in die Glocke über, die in der Wanne aufgeſtellt iſt. Das glühende Eiſen entzieht dem Waſſer ſein Oxygen und wird dadurch verkalkt, das Hydrogen des Waſſers aber wird frey, und bildet mit dem Calorique das Waſſerſtoffgas.

Die vorzüglichſten Eigenſchaften des Waſſerſtoffgaſes ſind folgende:

1. Es iſt mephitiſch, und daher unfähig das Athemhohlen zu unterhalten. Bringt man in ein Glas, das mit ſolchem Gas gefüllt iſt, Licht, ſo verlöſcht es. Man muß das Glas umgeſtürzt halten, ſonſt gibt es Explosion; denn die inflammable Luft iſt leichter als die atmosphäriſche, ſteigt alſo auf u. ſ. w.

2. Es iſt ſehr leicht entzündbar. Hält man unter ein Glas, in welchem ſich ſolches Gas befindet, Licht, ſo entzündet es ſich. — Selbſt durch den ſchwächſten elektriſchen Funken entzündet es ſich, worauf ſich die Einrichtung der elektriſchen Lampe gründet. — Mit einem Knalle begleitet entzündet es ſich in Verbindung mit der atmosphäriſchen Luft, und noch lebhafter mit dem Sauerſtoffgaſe. Man nennt ſolche Miſchungen Knallluft und nimmt zu derſelben, wenn ſie gut ſeyn ſoll, entwe-

der gleiche Theile von der atmoſphäriſchen und inflammablen; oder $\frac{2}{3}$ inflammable und $\frac{1}{3}$ dephlogiſtiſirte Luft. Einer der ſimpelſten Verſuche hierüber iſt folgender. Man nehme eine Blaſe, die mit Knallluft gefüllt iſt, und drücke ſie auf eine Seifenbrühe aus, die man auf einem Teller hat. Macht man nun aus dieſer Seifenbrühe Blaſen, und hält das Licht an dieſelben, ſo gibt es eine Exploſion. Und bläst man vollends zuletzt in die Seifenbrühe auf dem Teller, daß mehrere Blaſen entſtehen: ſo gibt es, wenn Licht daran gehalten wird, eine noch heftigere Exploſion. Das Sonderbare hiebey iſt noch dieß, daß, wenn man den Finger in die Ohren ſteckt, und nach gehörtem Schall wieder gleich herauszieht, man den Schall noch einmahl hört. Dieß rührt daher: der Schall hat eine gewiſſe Dauer; er iſt alſo das erſtemahl noch nicht ganz verloren. —

Bey der Entzündung des Schießpulvers iſt es ebenfalls die Knallluft, welche die heftige Exploſion verurſacht. Zu einem guten Schießpulver gehören nach Ingenhouß 75 Theile Salpeter, 15½ Theil pulveriſirte Kohlen, und 9½ Theil Schwefel. Die Güte desſelben beſteht darinn, daß dieſe Beſtandtheile ſo vollkommen, als möglich gemiſcht werden. Eigentlich ſollte jedes Körnchen ein Gemiſch von dieſen drey Theilen ſeyn. Der Schwefel ſollte nach Ingenhouß weggelaſſen werden, weil er die Zündlöcher, durch die Schwefelſäure, welche ſich bey ſeiner Entzündung entwickelt, ſo ſehr verderbt. Indeß zur ſchnellen Entzündung ſcheint er doch unentbehrlich zu ſeyn. — Nun durch die Entzündung des Salpeters wird Sauerſtoffgas, und durch die Entzündung der Kohle, Waſſerſtoffgas entwickelt. Beyde zuſammen bilden eine Knallluft, die durch dieſelbe Entzündung, durch welche ſie entwickelt wird, auch in Exploſion geräth.

— Aber warum ſind nun die Wirkungen des Pulvers ſo ungeheuer? Es entſteht dabey etwas ganz anders, als bey der Knallluft — etwas, was hier nicht einmahl recht deutlich gemacht werden kann. Geſchieht nähmlich die Verbrennung der Knallluft in verſchloſſenen Gefäßen, ſo wird Waſſer erzeugt. Dieſes Waſſer verwandelt ſich durch die Hitze (bey der Entzündung des Schießpulvers) in Dämpfe; und dieſe ſind es, welche die ſchreckliche Gewalt ausüben. — Doch, wie geſagt, dieß kann erſt bey der Lehre von den Dämpfen verſtändlich gemacht werden.

Für eigene Vorrichtung für die Exploſion der Knallluft iſt die Knallluft-Piſtole, die, weil ſie auch durch elektriſche Materie losgeſchlagen werden kann, gewöhnlicher die elektriſche Piſtole heißt. — Die Verbrennung der inflammablen Luft in der atmosphäriſchen findet nur in dem Verhältniße des Antheils dieſer an Lebensluft ſtatt.

Daher kann man die inflammable Luft auch zu einem Eudiometer *) gebrauchen.

3. Es iſt die leichteſte unter allen Gasarten. Das ſpecifiſche Gewicht derſelben zu dem der atmosphäriſchen Luft, verhält ſich wie 1 : 12, 63, und ein Pariſer Cubikzoll davon wiegt 0,03539 Gran, ein Cubikfuß aber 61,15 Gran. — Hierauf gründet ſich die Luftſchifferey. — Kleine Montgolfiere ſind viel ſchwerer zu machen, als große. Verſuche darüber mit Mettwurſt-

*) Bekanntlich iſt dieß das Voltaiſche Eudiometer — das beſte und zuverläßigſte, das man bis jetzt kennt. Siehe hierüber: „Verſuch über die eudiometriſchen Mittel, und über das Verhältniß der Beſtandtheile der Atmosphäre, von Alexander von Humboldt, und J. G. Gay-Lüſſac; vorgeleſen in der erſten Claſſe des National-Inſtituts am 21ten Jänner 1805.“ — Eine meiſterhafte Abhandlung. Vergl. Gilberts Annalen der Phyſik. 20 Bände. 1 Stück.

därmen. Eine ſolche Mettwurſt *) müßte auf einem umgewandten Teller präſentirt werden, und ſo gäbe es alſo poſitive und negative Mettwürſte. — Mit Rudern kann man die Geſchwindigkeit der Montgolfiere nicht befördern. Ein Luftballon der 26 Fuß im Durchmeſſer hat, wird durch 2 Ruder, die 50 Quadratfuß Oberfläche haben, und 20 Fuß lang ſind, in einer Sekunde, bey Windſtille $3\frac{7}{10}$ Fuß weit ſchneller fortbewegt. Die Geſchwindigkeiten wachſen, wie die Cubikwurzeln aus den Rudern. Zu einer noch einmahl ſo großen Geſchwindigkeit brauchte man alſo 16 Ruder. Da müßte man aber auch wieder mehr Kerls haben u. ſ. w. Beſſer könnte man ſich durch Verdünnung und Verdichtung der Luft helfen — (mit einem Planum inclinatum). — Wenn

*) Göttingen, iſt dieſer Art Würſte wegen, die weit und breit verſchicket werden, ſehr berühmt.

die Luftballons nur nicht ſo viel koſten möch- ten! da könnte man ſich ſonſt manches Vergnügen machen. Wenn man z. B. nach Hamburg reiſte, könnte man den Ballon an den Wagen binden, und ſo in der Luft nebenher ziehen; man könnte über Flüſſe, wie über Queckſilber gehen; man könnte über Ortſchaften ſetzen; man könnte recht gut Höhen meſſen, indem man einen kleinen Ballon an einen ſeidenen Faden hinaufſteigen ließe; man könnte über die Atmosphäre wichtige Aufſchlüſſe erhalten; einem Pferde, das in einem Wagen 20 Centner ziehen muß, dürfte man nur einen Luftballon an den Wagen befeſtigen, ſo würde es vielleicht nur 12 Centner, oder noch weniger ziehen dürfen; zum Recognosciren hat Lichtenberg dieſe Ballons ſchon lange empfohlen. — Allein, wie geſagt, die Koſtbarkeit derſelben iſt daran hinderlich. Um ſich davon eine Idee zu machen, folgt hier die detaillirte Beſchreibung eines ſolchen Luftbal-

lons. Blanchard brauchte zu einem Ballon von 26 Fuß im Durchmeſſer 6591 Pfund Vitriolſäure, das Pfund zu 10 Sous = 3 gute Groſchen — ſie muß alſo ſehr verdünnt geweſen ſeyn — macht 824 Thaler, ferner 3500 Pfund Blechſpäne und Eiſenfeile; 1800 Pfund zu 60 Livres, macht 876 Thaler. Nun der Taffet. Eine Kugel deren Durchmeſſer 26 Fuß beträgt, hat 2110 Quadratfuß Oberfläche. Nun noch der Firniß und alles Uebrige. Man ſieht alſo, daß der Spaß ſehr hoch zu ſtehen kömmt.

Nach der neuen Chemie beſteht das Waſſerſtoffgas aus der Verbindung des Hydrogens mit Calorique; und die verſchiedene Nahmen, welche es führt, ſind folgende: brennbares Gas, entzündbare Luft, entzündliche Luft, inflammable Luft, brennende Luft, Brennluft. Bey Helmont heißt ſie Gaz pingue. Inflammable Luft iſt unſtreitig der beſte

Nahme, weil er ſich auf keine von beyden Hypotheſen gründet.

6. Kohlen = Waſſerſtoffgas, (Gaz hydrogène carboné).

Es kömmt in vielen Stücken mit dem reinen Waſſerſtoffgaſe überein; nur unterſcheidet es ſich von dieſem, durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, durch eine dichtere und gefärbtere Flamme, mit der es brennt; und beſonders dadurch, daß es beym Verbrennen in verſchloſſenen Gefäßen mit Sauerſtoffgas, nicht blos Waſſer, ſondern auch kohlenſtoffſaures Gas oder fixe Luft hinterläßt, welches letztere bey dem reinen Waſſerſtoffgaſe nicht der Fall iſt. —

Man erhält dieſes Gas bey der Zerlegung aller thieriſcher und vegetabiliſcher Körper durchs Feuer oder durch die Fäulniß. In der Natur findet man es in Sümpfen,

Pfützen und ſtehenden Wäſſern, woher es beſonders den Nahmen der Sumpfluft (Gas hydrogène des marais) führt. Um es hier bequem aufzufangen, nimmt man eine ausgedrückte Blaſe und bindet ſie mit der Oeffnung an ein meſſingenes Rohr, das mit einem Hahn verſehen iſt. Unter das Rohr bringt man einen Trichter an, der mit einer Oeſe verſehen iſt, daß man denſelben mit einem Stocke in den Sumpf ſtürzen kann, um nicht ſelbſt darinn waten zu dürfen. Rührt man nun mit einem andern Stocke in dem Sumpfe unter dem Trichter herum, ſo wird die Luft in die Höhe getrieben, und dringt in die leere Blaſe. Sobald die Blaſe voll iſt, verſchließt man den Hahn nimmt ſie heraus, drückt ſie in Bouteillen aus, und füllt ſie aufs neue.

Auch in den Kloaken iſt ſie zu Hauſe dieſe Luft. Lichtenberg las im Journal de Paris die Nachricht, daß ein Tabakraucher einen brennenden Fidibus in den

Leibſtuhl warf, darüber fing es in demſelben hell zu lodern an, und es verbreitete ſich ein ſo arger Geſtank in der Stube, daß man nicht bleiben konnte. Schade, daß es nur die Gelehrten wiſſen, welch' eine mechante Luft über den Abtritten ſchwebe, und daß diejenigen, die ſich ſogar mit Wegräumung des Unrathes derſelben beſchäftigen, nichts davon erfahren. Von den Kanzeln ſollte man es vermelden.

Aus dem obigen Umſtande, daß man beym Verbrennen dieſes Gaſes mit Sauerſtoffgas, nicht blos Waſſer, ſondern auch Kohlenſaures Gas erhält: folgert die neue Chemie, daß die Baſis desſelben Kohlenſtoff und Waſſerſtoff ſeyn, und gibt ihm daher den Nahmen: Kohlenſtoff-Waſſerſtoffgas. Die übrigen Nahmen ſind folgende: ſchweres brennbares Gas, Sumpfluft, Kohlenſtoffhaltiges oder gekochtes Waſſerſtoffgas.

7. Kohligſaures Gas (Gaz oxide de Carbone.)

Eine neue von Cruikſchank in England entdeckte Gasart, von welcher in den Lichtenbergiſchen Vorleſungen noch nichts vorkam.

8. Phosphor-Waſſerſtoffgas (Gaz hydrogène phosphoré.)

Es hat viele Aehnlichkeit mit dem Schwefel-Waſſerſtoffgaſe, oder die Schwefelleberluft, und wird auf folgende Art erhalten. Man nimmt zu zwey Unzen guter kauſtiſchen Lauge, zwölf Gran Phosphor, bringt das Gemiſche in eine Retorte — die man des möglichen Zerplatzens wegen, mit einem Drathnetze einfaſſen muß — ſetzt dieſelbe nun auf Kohlenfeuer und fängt das ſich entwickelnde Gas über Queckſilber auf. — Zu einer guten kauſtiſchen Lauge aber dient folgendes Recept. Auf zehn

Loth lebendigen oder ungelöſchten Kalk, gieße vier und zwanzig Loth Waſſer. Wenn dieſe Miſchung noch ſiedet und heiß iſt, gieße fünfzehn Loth vegetabiliſches Alkali, (Pottaſche) mit ſechzehn Loth Waſſer vermiſcht dazu, und rühre alles wohl durcheinander.

Das Phosphor-Waſſerſtoffgas hat den ausgezeichneten Charakter, daß es ſich unmittelbar bey Berührung der atmosphäriſchen nicht ganz kalten Luft, mit einer Exploſion und lebhaften Lichte von ſelbſt entzündet. Noch lebhafter geſchieht dieß bey Berührung des Sauerſtoffgaſes. Hieraus könnte nun manches Leuchten in der Natur erklärt werden, und die Antiphlogiſtiker erklären daraus wirklich die Irrlichter, Sternſchuppen u. ſ. w. — Außer dieſer ausgezeichneten Eigenſchaft, beſitzt dieſes Gas einen ſehr unangenehmen, fauligen, knoblauchartigen Geruch.

Nach der neuen Chemie iſt die Baſis desſelben, Waſſerſtoff und Phosphor, und es heißt daher: Phosphor-Waſſerſtoffgas. Die übrigen Nahmen ſind: Phosphorgas, phosphoriſches Gas, Phosphorluft, phosphorhaltiges oder gephosphortes Waſſerſtoffgas, gasförmiger phosphoriſirter Waſſerſtoff.

9. Kohlenſtoffſaures Gas, oder fixe Luft. (Gaz acide Carbonique).

Iſt diejenige Gasart, die ſich bey jeder Weingährung ſo häufig entwickelt und deßwegen auch die Gährungsluft genannt wird. Am leichteſten und wohlfeilſten erhält man es, wenn man auf Kreide verdünnte Vitriolſäure gießt und in einer pneumatiſchen Vorrichtung die ſich entwickelnde Luft auffängt. — Es wird auch durch das Verbrennen der Vegetabiliſchen

Subſtanzen gewonnen, woraus ſich ergibt, daß es ein Beſtandtheil derſelben, und ihrem Wachsthum günſtig ſeyn müſſe. Da ſich nun daſſelbe auch beym Athemhohlen warmblütiger Thiere entwickelt, wo man es in der ausgehauchten Luft allezeit antrifft, und die Pflanzen hingegen Lebensluft entwickeln: ſo ſieht man hier einen ſehr ſchönen Cirkel in der Natur. Diejenige Luft, welche die Menſchen als eine ihnen ſchädliche Luft von ſich ſchaffen, dient den Pflanzen zur Nahrung; und diejenige Luft, welche die Pflanzen beym Sonnenlichte entwickeln, iſt wieder den Menſchen ſo heilſam. Daher iſt ein Spaziergang in grünen Auen und Feldern, und in Wäldern, in welche die Sonne dringen kann, ſo erquickend. Unter dem Schatten der Bäume hingegen, entwickelt ſich eine ſchädliche Luft, deren Einfluß man auch bald fühlt, wenn man ſich beſonders Abends dahin lagert.

Die vorzüglichſten Eigenſchaften des kohlenſauren Gaſes ſind folgende. Es iſt:

1. mephitiſch, und alſo eben ſo wenig fähig das Verbrennen, als das Athemhohlen zu unterhalten. Hält man Licht an die Oeffnung eines Glaſes, in welchem ſolches Gas enthalten iſt, ſo verlöſcht es augenblicklich. Man kann die Flamme ordentlich auffangen. — Menſchen und Thieren wird es tödtlich. An einzelne Ausnahmen darf man ſich nicht kehren. So hat es allerdings Menſchen gegeben, die fixe Luft einathmeten. Pilatre de Rozier — der bekannte Märtyrer der Aeronautik, hat ſogar Salpeterluft eingeathmet.

2. Das kohlenſaure Gas iſt beträchtlich ſchwerer als die atmosphäriſche Luft. Es verhält ſich nähmlich zu dieſer, wie 1,4973 zu 1, und ein Kubickzoll davon wiegt 0,68985 Gran. Es ſinkt daher in der atmosphäriſchen Luft

zu Boden, und hieraus läßt ſich erklären, warum Hunden in Höhlen, wo fixe Luft iſt, z. B. in der Grotta del Cane, (Hundsgrotte) nicht weit von Neapel, dieſe Luft ſo tödlich wird, hingegen für die Menſchen unſchädlich bleibt. Sie nimmt nähmlich die untern Regionen ein. Nun halten die Hunde die Naſen tiefer, als die Menſchen; kommen alſo in tiefere Schichten und finden ſo ihren Tod. — Zündet man in einem großen Glasgefäße, in dem ſich Waſſer befindet einen Schwärmer an: ſo brennt derſelbe unter dem Waſſer fort, und oben auf die Oberfläche des Waſſers ſetzt ſich nun die fixe Luft, liegt ordentlich da, und wogt ſich. Auf eine ähnliche Art muß man ſich vorſtellen, befindet ſich dieſelbe auch auf dem Boden der obigen Hundsgrotte. — Der Umſtand, das die fixe Luft ſchwerer iſt, als die atmosphäriſche, hat zu mancherley beluſtigenden Verſuchen Veranlaſſung gegeben, wodurch ſich unter andern der Düc de

Chaulnes auszeichnete. So gab er z. B. in einer Geſellſchaft folgendes auf: In ein Glas, worinn nichts iſt, aus einem andern worinn auch nichts iſt, etwas zu gießen, was Lichter auslöſcht, und Vögel tödtet. Natürlich, befindet ſich in einem leeren Glaſe ein Licht, oder ein Vogel, und gießt man in dasſelbe aus einem andern Glaſe fixe Luft, ſo ſinkt ſie, weil ſie ſchwerer iſt, in das erſte Glas hinein, löſcht das Licht aus, oder tödtet den Vogel.

3. Das kohlenſaure Gas, verhält ſich wie eine jede andere Säure. Es färbt nähmlich die Lakmustinktur roth, und der Daumen oder die Hand, welche man über das Glas hält, wird dabey angezogen. — Die Lakmustinktur muß in das Glas, worinn die fixe Luft iſt, gegoſſen werden.

4. Das kohlenſaure Gas ſchlägt den Kalk im Kalkwaſſer nieder. Kalkwaſſer iſt dasjenige

reine Regenwaſſer, in welchem ungelöſchter Kalk aufgelöst und dann filtrirt wird. Auch mit dem Selzer- oder eigentlich Selterſer Waſſer, in welchem, ſo wie in allen Sauer-Wäſſern fixe Luft enthalten iſt; läßt ſich dieſer Verſuch anſtellen. Jedoch mit dem Unterſchiede, daß ſich der Kalk zwar niederſchlägt, aber gleich wieder verliert, welches jedoch am Ende aufhört.

5. Das kohlenſaure Gas geht mit dem Waſſer ſehr leicht eine Verbindung ein, und ertheilt demſelben einen ſäuerlichen Geſchmack. Es läßt ſich ungefähr zu gleichen Theilen mit dem Waſſer verbinden. Hierauf gründet ſich nun die künſtliche Nachahmung der Sauer- oder Mineral-Wäſſer. In allen dieſen Wäſſern iſt nähmlich fixe Luft enthalten, und ſie gerade verurſacht die angenehme Säure derſelben. Weil aber dieſe Wäſſer auch noch andere Materien enthalten, die einem Kranken ſchädlich

werden dürften, wenn man ihm dieſen heilſamen Trank reichen wollte: ſo hat man Vorrichtungen erfunden, das friſche Brunnen-Waſſer mit fixer Luft zu imprägniren. So eine Maſchine hat Parker, der berühmte Glasſchleiffer zu London, von dem auch das bekannte Sonnenmikroſcop herrührt, erfunden. Sie wird aber auch in Schorborn vortrefflich nachgemacht. Die Einrichtung derſelben iſt folgende. Es werden drey gläſerne Gefäße A, B, C, (Fig. 15.) von der Geſtalt, wie die Figur ſie zeigt, luftdicht in einander geſetzt. Das untere Gefäß C dient zur Entwickelung der fixen Luft, worinn alſo die Kreide mit verdünnter Vitriolſäure gebracht wird. Es hat bey a eine kleine Oeffnung, um während der Operation friſche Materialien in das Gefäß zu bringen, oder die vorhandenen umzurühren. In dem mittleren Gefäße B befindet ſich das Waſſer, das mit fixer Luft imprägnirt werden ſoll und welches, wenn

dieß geſchehen iſt, zur Oeffnung b abgelaſſen wird. Es ſtehet mittelſt zweyer fein und vielfach durchbohrten Stöpſeln, die ſich in dem Halſe desſelben befinden, und innerhalb welcher, auf dem untern ruhend, eine Klappe angebracht iſt, um das Herabtröpfeln des Waſſers zu verhindern, mit dem untern Gefäße in Verbindung. Das dritte Gefäß A dient, die Berührung zwiſchen Waſſer und Luft immer ſtärker zu machen. Indem nähmlich die fixe Luft aus dem unteren in das mittlere dringt, treibt ſie aus dieſem das Waſſer, mit dem es ganz voll iſt, in das obere Gefäß, und von hier aus drückt dieß Waſſer wieder zurück, auf das, was in dem mittleren enthalten iſt. Der Hals dieſes oberen Gefäßes iſt deswegen umgebogen, damit die Luftblaſen, wenn ſie aufſteigen, nicht unmittelbar auf die Oeffnung treffen. — Uebrigens verſteht ſich von ſelbſt, daß, wenn bey b das imprägnirte Waſſer abgelaſſen wird, das Waſſer in A

nach B herabſinkt, und daß man, wenn die Operation fortgeſetzt werden ſoll, bey der Oeffnung c eben ſo viel friſches Waſſer nachgießen muß.

Ueber die haarröhrchenartigen Canäle der beyden gläſernen Stöpſel im Halſe des mittleren Gefäßes hat man ſich gewaltig den Kopf zerbrochen. Ein gewiſſer Gelehrter verlangte 12 Dukaten für das Geheimniß. „Ich will es Ihnen umſonſt ſagen, mein Herr, ſagte Lichtenberg. Man nimmt ein Büſchel von Glasröhren; die werden mit Gasmaſſe ſtark umwickelt, dann bis zur Weiche erhitzt; dann wird gezogen.“

Im Compendio ſind verſchiedene Bücher angegeben, die verſchiedene Methoden zur Imprägnirung des Waſſers mit fixer Luft vorſchlagen. Allein ſie ſind alle ſehr koſtbar. Weit ſimpler iſt folgendes Verfahren, bey dem man mit einem Gehülfen viel imprägnirtes Waſſer erhalten, und bey dem dieſer Gehülfe noch dazu ein Bedienter ſeyn

kann. Man ſteckt an eine Bouteille oder Retorte, in welcher ſich fixe Luft befindet, ein gebogenes bleyernes Rohr und fängt nun dieſe Luft in einem mit reinem Waſſer gefüllten Gefäße, mittelſt zweyer mit Waſſer gefüllten Bouteillen abwechſelnd auf. Iſt die eine Bouteille voll, halb mit fixer Luft, halb mit Waſſer: ſo ſchüttle man beydes untereinander und ſtecke die andere Bouteille indeß ans Rohr. Hat man die erſtere tüchtig durcheinander geſchüttelt, ſo fülle man ſie wieder aus dem Gefäße ganz voll mit Waſſer, ſchütte ſie dann ins Gefäß aus, und fülle ſie von neuem daraus mit Waſſer. Macht man nun mit der andern Bouteille das Nähmliche, und repetirt das Verfahren eine Zeitlang; ſo wird bald das Waſſer, ſowohl im Gefäße, als in den Bouteillen mit fixer Luft imprägnirt ſeyn. — Wenn man in ein Waſſer lange haucht, ſo wird auch Sauerwaſſer daraus. M. Seyde machte den Verſuch im Collegio.

Der Effekt von dem Gebrauch der fixen Luft iſt erſtaunend. Nach der Erzählung von Cavallo hatte ein Kranker ſo arge zuſammenfließende Pocken, daß er wie rohes Fleiſch ausſah, und ſo ſtark roch, daß es ſelbſt die Wärterinn nicht aushalten konnte. Durch fixe Luft wurde nicht nur der Geruch vertrieben, ſondern auch der Kranke hergeſtellt. — Lichtenberg verordnete einmahl Jemanden im Faulfieber, eine Clyſtier mit fixer Luft: ſogleich änderte ſich die Krankheit. — Sigaud de la Fond erzählt einen Fall, daß Jemand einen Krebs hatte, deſſen größte Länge 16 Zoll betrug. Geheilt konnte er nicht mehr werden. Aber was iſt bey ſolchen Krankheiten nicht ſchon eine Linderung werth! der Krebs zog ſich doch bis auf 4 Zoll zuſammen, und die Schmerzen wurden gelinder.

Nach dem antiphlogiſtiſchen Syſteme iſt die Baſis des kohlenſauren Gaſes Kohlenſtoff und Sauerſtoff. Daher der

Nahme. Die übrigen Nahmen ſind: kohlengeſäuertes, kreidenſaures, luftſaures, mephitiſches Gas; wildes oder weiniges Gas; Kalkgas; fixe, feſte, künſtliche Luft; mephitiſche Säure, Kreidenſäure, Kohlenſäure, Luftſäure, Sauerluft.

10. Salzſaures Gas (Gaz acide muriatique).

Iſt eigentlich die Kochſalzſäure in Luftgeſtalt. Man erhält es am beſten, wenn man zu zwey Theilen Kochſalz nach und nach einen Theil ſehr concentrirter Schwefelſäure bringt. Es muß über Queckſilber aufgefangen werden, weil es ſich ſo leicht mit dem Waſſer verbindet. Es iſt eine böſe Sache um dieſes Auffangen! Lichtenberg nahm dabey immer ein Paar Priſen Tabak. —

Bey Berührung der atmoſphäriſchen Luft, oder des Ammoniakgaſes verliert es ſeine luftförmige Geſtalt und verwandelt ſich unter Erwärmung in einen weißgrauen Nebel. Mit dem letztern insbeſondere bildet es, wie ſchon oben angeführt wurde, den Salmiak. — Die übrigen Eigenſchaften ſind im Compendio angegeben.

11. Ueberſaures ſalzſaures Gas (Gaz acide muriatique oxygèné).

Wird das ſalzſaure Gas mit noch mehrerem Sauerſtoffe verbunden, ſo erhält es ganz andere Eigenſchaften. Es verwandelt ſich dann in einen gelblichen Dampf von äußerſt ſtechendem Geruch und Geſchmack, welcher in der neuen Chemie den Nahmen: Ueberſaures ſalzſaures Gas, erhalten hat, in der alten aber unter dem Nahmen der dephlogiſtiſirten Salzſäure bekannt iſt.

Die merkwürdigſte Eigenſchaft dieſes Dampfes — in welchem alle Metalle auflösbar ſind, iſt die, daß ſich manche Metallkalke, die man hinein bringt, entzünden. Ja, Scherer zu Jena iſt es ſogar gelungen, ein Goldblättchen zu entzüuden. — Da ſich das Bleichen auf die Zerſtörbarkeit der Pflanzenfarbe gründet, dieſe aber durch die dephlogiſtiſirte Salzſäure ſo vollkommen bewirkt wird: ſo hat man dieſelbe mit dem beſten Erfolge auch zum Bleichen angewendet, und ſicherlich würde dieß ſchon allgemeiner eingeführt worden ſeyn, wenn das Bleichungsmaterial nicht ſo hoch zu ſtehen käme. In kurzer Zeit kann man Linnen, das man in ein mit dieſer Säure imprägnirtes Waſſer taucht, weiß kriegen. Es wurde im Collegio der Verſuch mit einem Stück, das voll großer Tintenflecke war, gemacht. In ein Paar Minuten waren die Flecke heraus, und das Stück Linnen wurde ganz weiß, nachdem man es noch

in einer mit Waſſer ſehr verdünnten Vitriol-ſäure wuſch, um Alles übrige wegzubringen. Aber dieß iſt nur noch eine Kleinigkeit! Selbſt das Gedruckte aus den Kattunen kann man herausbringen. Wenn alſo ein Ding aus der Mode kommt, ſo wäſcht man es ab, und drückt etwas anders darauf. Welch eine herrliche Sache! Nur thieriſche Stoffe nehmen dieß nicht gut an. So wird z. B. die Wolle gelb davon. Aber alte Kupferſtiche, die ſchon gelb ſind, werden dadurch wieder, als ob ſie erſt von der Preſſe gekommen wären. So auch das Papier. Beym Schweitzer Papier wird hievon wahrſcheinlich ſchon Gebrauch gemacht. Wenn man elendes Druckpapier durch dieſe Säure zieht, ſo wird es ſchön weiß. Nur müßte man noch eine Methode erfinden, dieß geſchwind zu bewerkſtelligen. Könnte man ſie vollends zur Bleichung des ſchönen Geſchlechts gebrauchen und ordentliche Mamſellenbleichen einrichten: ſo könnte man ſich gewiß

viel damit verdienen! Vor einiger Zeit hat ſich das Gerücht verbreitet, daß ein Arzt zu London einen Mohren weiß gewaſchen hat. Wie mochte ſich da manche ſchwarze Dame freuen! — In Grens Journal IV. Band S. 31. folg. ſteht über das Bleichen mit dephlogiſtiſirter Salzſäure, eine Abhandlung vom Profeſſor Pickel zu Würzburg, und in Tenners Anleitung, vermittelſt der dephlogiſtiſirten Salzſäure zu jeder Jahrszeit vollkommen weiß, ſicher und wohlfeil zu bleichen. Leipzig 2te Auflage 1794, 8. *) findet ſich alles über dieſen Gegenſtand beyſammen.

Sowohl das ſalzſaure, als das überſaure ſalzſaure Gas, hat nach der neuen Chemie zu ſeiner Baſis das noch völlig un-

*) Im Jahre 1800, iſt davon die dritte ganz umgearbeitete vermehrte und verbeſſerte Auflage gr. 8. mit 12 Kupfern erſchienen. Die erſte Ausgabe erſchien im Jahr 1793.

bekannte und analogiſch vorausgeſetzte Radikal muriatique.

12. Schwefligſaures Gas (Gaz acide sulphureux.)

Iſt eigentlich die flüchtige Schwefelſäure in Luftgeſtalt. Man erhält es, wenn man gleiche Theile Queckſilber und Vitriolöhl im Sandbade bis zum Sieden erhitzt. Die Eigenſchaften desſelben ſind im Compendio angegeben.

Nach der neuen Chemie iſt die Baſis dieſes Gaſes die unvollkommene Schwefelſäure (acide sulphureux) und es hat noch folgende Nahmen: Vitriolſaure Luft, Schwefelluft, Schwefelgas u. ſ. w.

13. Flußſpathſaures Gas (Gaz acide fluorique).

Iſt die Flußſpathſäure in Luftgeſtalt und wird erhalten, wenn man auf zer-

ſtoſſenen Flußſpath concentrirte Vitriolſäu-re gießt, und dann die Retorte in glühende Aſche ſetzt. Muß auf Queckſilber aufgefan-gen werden. Achard läugnete, daß auf die-ſe Art wirklich Luft erhalten werden könne, — es wäre nur Säure meinte er. Aber Scheele lebte gerade noch ſo lange, um ihn wiederlegen zu können.

Es verwandelt ſich bey Berührung der atmoſphäriſchen Luft in weißliche Nebel, und hält man eine Glasplatte über dieſe Nebel, ſo wird die Fläche derſelben ſehr ſchnell angegriffen, ſie verliert ihre Politur, wird undurchſichtig und das Glas wird wirklich angefreſſen.

Hierauf gründet ſich nun die Kunſt in Glas zu ätzen. Klaproth zu Ber-lin hat dieſe Kunſt wieder hervor geſucht. Lichtenberg hörte davon, daß man in Ber-lin Glas ätze, ſogleich verfiel er darauf, daß dieß mit der Flußſpathſäure geſchehen müſſe. Er machte den Verſuch und dieſer

gelang vollkommen. Aber Erfinder, wofür ihn einige ausgeben, iſt er nicht davon. Das Glas muß nicht zu hart ſeyn, wenn der Verſuch gelingen ſoll, wie Lichtenberg mit einem Trinkglaſe erfuhr, auf welches er Käſtners Bild ätzen wollte. Auch iſt es nach neuerem Rathe am beſten, diejenige Seite des Glaſes, in welche man ätzen will, mit Hauſenblaſen zu beſchmieren. Aber auch die andere Seite muß man bedecken, um ſie gegen das penetrante Gas zu bewahren. Nur darf dieſe Bedeckung ganz ſimpel ſeyn z. B. mit Thon oder gelben Wachs. Hält man nun den radirten Grund über die weißlichen Dämpfe des Gaſes, ſo iſt das Aetzen in ungefähr 10 Minuten vollendet, welches man daraus erkennt, wenn die Striche etwas weislich zu werden anfangen. — Wenn man die Eudiometerröhren inwendig mit ſpathſaurem Gas ein wenig ätzt, ſo verhütet man, daß ſich das Waſſer nicht zu ſehr anſetzt.

Vom Waſſer wird dieſes Gas ſehr ſchnell verſchluckt, wie man ſich am beſten überzeugen kann, wenn man in eine Röhre, in welcher es enthalten iſt, mit einer oben gekrümmten Spritze, Waſſer hineinbringt.

Die Baſis dieſer Gasart iſt nach der neuen Chemie das unbekannte Radikal fluorique — und es führet noch folgende Nahmen: Flußſpathſaure Luft, luftige Flußſpathſäure, flüſſiges Gas, ſpathgeſäuertes Gas.

14. Oxydirtes Stickſtoffgas (Oxide d'azote gazeux.)

Wurde nicht erwähnt.

15. Stickſtoffgas oder phlogiſtiſirte Luft (Gaz azotique).

Man erhält ſie am wohlfeilſten, wenn man den gemeinen Phosphor in der gemeinen Luft verbrennt, und ihre merkwürdigſte

Eigenſchaft iſt die, daß ſie mit dephlogiſtiſirter oder auch gemeiner Luft vermiſcht, und durch den elektriſchen Funken entzündet, eine wahre Salpeterſäure gibt. Dieß iſt eine Entdeckung von Cavendiſch, und auf dieſe Entdeckung ſtützt ſich auch ganz vorzüglich das neue Syſtem der Chemie. Er nahm zu ſeinem Verſuche drey Theile Lebens- und ſieben Theile phlogiſtiſirte Luft.

Man erhält dieſes Gas auch, oder wenigſtens demſelben etwas frappant Aehnliches, wenn man die Dämpfe des kochenden Waſſers durch ein glühendes irdenes Pfeifenrohr gehen läßt. — Dagegen ſind viele Einwendungen gemacht worden. Siehe Prieſtleys Werke VI. Band 2. Sektion. Prieſtley hat folgenden merkwürdigen Verſuch angeſtellt. Er nahm eine Glocke und ſetzte ſie in ein Gefäß mit Queckſilber. Oben in der Glocke brachte er eine Retorte an. In die Retorte legte er feuchten Thon. So

erhielt er zur Retorte eine Luftart heraus und das Queckſilber fing an zu ſteigen. Wie er nun unterſuchte, war es die nähmliche Luft, welche unter der Glocke war, und das Waſſer in der Retorte war auch das Nähmliche. Die Dämpfe gingen alſo wieder retour! So einen Fall gibt es in der ganzen Phyſik nicht. Hätte ich, ſagte hier Lichtenberg, Vermögen, ich gäbe gleich eine Preisfrage darüber auf, daß dieſes merkwürdige Phänomen näher unterſucht würde.

Nach dem antiphlogiſtiſchen Syſtem beſtehet dieſes Gas aus einem eigenen Grundſtoff = Azote mit dem Calorique verbunden; und es führt noch folgende Nahmen: phlogiſtiſirte oder phlogiſtiſche Luft, verdorbene Luft, unreine Luft, Stickluft, Salpeterſtoffgas, Stickſtoffluft, Stickgas, azotiſches Gas.

16. Salpeter Gas (Gaz nitreux.)

Wird am bequemſten erhalten, wenn man auf Kupfer verdünnte Salpeterſäure gießt. Scheele und Andere waren ſo verwegen, dieſe Luft einzuathmen. Dieß iſt höchſt gefährlich, weil ſich dieſelbe, wie wir gleich ſehen werden, wenn ſie mit gemeiner Luft vermiſcht wird, in Salpeterſäure zerſetzt. Geſchieht nun dieſer Prozeß in der Lunge, ſo kann die Säure die Lunge angreifen und der Mann ſich zu Tode huſten. In der Berliner Monathsſchrift rieth einmahl Jemand die Salpeterluft im Faulfieber, Phthiſis und andern Krankheiten, als ſehr heilſam an. Welch' ein gefährlicher Rath! Er verwechſelte die reine dephlogiſtiſirte Luft mit der Salpeterluft, weil jene auch aus Salpeter erhalten wird.

Der ausgezeichnete Charakter des Salpetergas beſteht darinn, daß es bey Berührung der atmoſphäriſchen Luft ſogleich

ſeine Gasform verliert, und in einen röthlich gelben Nebel, unter Erwärmung und Verminderung des Volumens beyder Luftarten verwandelt wird. Nichts bleibt von der atmosphäriſchen Luft übrig, als das Stickſtoffgas. Die röthlich gelben Nebel ſind Salpeterſäure, die das Waſſer, mittelſt deſſen jene Berührung bewirket wird, nach und nach einſaugt. — Mit dem Sauerſtoffgas zeigen ſich natürlich alle dieſe Erſcheinungen noch auffallender. Ein Maß desſelben mit ungefähr zwey Maß Salpétergas vermiſcht, verſchwindet faſt gänzlich und würde auch gänzlich verſchwinden, wenn man das Sauerſtoffgas ganz rein von allem Stickgas erhalten könnte.

Auf dieſe Eigenſchaft des Salpetergas, daß es durch die reſpirabelen Luftarten (atmosphäriſche und dephlogiſtiſirte) zerſetzt, aber durch die irreſpirabeln (z. B. Stickſtoffgas) nicht zerſetzt wird: gründen ſich nun die Eudiometer oder Luftgütemeſ-

ſer. Es ſind dieß Inſtrumente, welche die Größe der Verminderung, die die atmoſphäriſche Luft durch Beymiſchung des Salpetergas erleidet, beſtimmt angeben. Da nähmlich die atmoſphäriſche Luft aus Sauerſtoffgas und Stickſtoffgas beſtehet, jenes aber bey der Vermiſchung mit Salpetergas ganz verſchwindet, und nur dieſes übrig bleibt: ſo muß ſie um ſo reiner und heilſamer ſeyn, je größer nach der Vermiſchung ihre Verminderung wird, weil dieſe anzeigt, daß ſie viel Sauerſtoffgas müſſe enthalten haben. Indeß freylich zeigen die Eudiometer nicht immer die mediziniſche Güte der Luft an, und verdienen daher den Nahmen der Luftgütemeſſer nicht. Es kann ja viel Verderbliches in der Luft enthalten ſeyn, was ſie nicht anzeigen, weil es das Salpetergas nicht zerſetzt, und umgekehrt kann manches, was dieſes Gas nicht zerſetzt, dennoch heilſam ſeyn.

Lichtenberg verweilte lange bey dieſem Salpetergas-Eudiometer, beſchrieb das Prieſtleyſche; zeigte das Landrianiſche vor; ließ mit dem gewöhnlichen von Fontana Verſuche anſtellen; rühmte die Geſchicklichkeit in ähnlichen Verſuchen, des Hrn. Profeſſors Pickel zu Würzburg, mit welchem Lichtenberg einen ganzen Monath lang zu Göttingen ſolche Verſuche anſtellte, und die im 2ten Jahrgang des Göttingiſchen Magazins beſchrieben ſind; ſprach von den Verbeſſerungen, welche Cavallo, Luz und Wilke, bey dem Fontanaſchen Eudiometer angebracht haben; erzählte das Verfahren, das Herr von Sauſſüre auf Reiſen und auf Bergen bey Verſuchen mit dieſem Eudiometer beobachtet; verwies über die Procedur beym Eudiometer auf den erſten Band der Ingenhouſiſchen Schriften; erklärte die Schererſche Geſchichte der Luftgüte-Prüfungslehre. Wien 1785, 2 Th. für das beſte Buch über die ganze Lehre

vom Eudiometer u. ſ. w. Allein da durch neuere Entdeckungen dieſes Eudiometer faſt ganz auſſer Gebrauch gekommen iſt, und das Voltaiſche mit Waſſerſtoffgas (Siehe oben Waſſerſtoffgas) unendliche Vorzüge hat: ſo wollen wir dabey nicht verweilen. Auch bey den übrigen Eudiometern nicht, von welchen Lichtenberg das Scheelſche — das zu viel Zeit erfordert, das Seguinſche und das Reboulſche — beyde mit Phosphor, erwähnte.

Nach dem antiphlogiſtiſchen Syſteme hat das Salpetergas mit der Salpeterſäure einerley Grundlage, nähmlich Stickſtoff (Azot) und Sauerſtoff (Oxygen). Nur das Verhältniß iſt in beyden verſchieden. Im Salpetergas befinden ſich 32 Theile Stickſtoff, und 68 Theile Sauerſtoff; in der Salpeterſäure aber 20,5 Theile Stickſtoff und 79,5 Theile Sauerſtoff. Oder im Salpetergas iſt Azot : Oxygen = 1 :

2; *) in der Salpeterſäure aber iſt Azot : Oxygen = 1 : 4.

Läßt man das Salpetergas über angefeuchtetem Eiſenfeilſtaub ſtehen, ſo erleidet es eine Verminderung ſeines Umfangs von etwa $\frac{2}{3}$ und erlangt ganz andere Eigenſchaften, als es vorher beſaß. Dieß iſt dann das oxydirte Stickſtoffgas (Oxide d'azote gazeux), welches oben erwähnt wurde.

Das Salpetergas führt noch folgende Nahmen: Salpeterartiges Gas, Salpeterartige Luft, nitröſe Luft, Salpeterhalbſaures Gas.

Vom Gazometer.

Gazometer ſind ſehr koſtbare Inſtrumente, um das Verbrennen der dephlogiſti-

*) Lichtenberg gab dieß Verhältniß noch wie 2 : 3 an.

ſirten und inflammablen Luft in beſtimmten Verhältniſſen, und mittelſt des elektriſchen Funkens bequem zu verrichten, und das dadurch erhaltene Waſſer gehörig zu ſammeln und zu wägen. Eine ſolche gazometriſche Maſchine, mit welcher der jüngere Jacquin zu Paris Verſuche anſtellte, und 1½ Cubik Fuß Gas enthielt, koſtete 360 Thaler. Sie war von Fortin verfertiget. Eben dieſer macht *) nun auch eine für den König von Spanien, die 2½ tauſend Reichsthaler koſten wird.

Dasjenige Gazometer, welches ſich Lichtenberg, nach meinem Gedanken von Volta verfertigen, und mit welchem er im Collegio Verſuche anſtellen ließ, hatte die Einrichtung, welche Fig. 16. darſtellt. Die gläſerne Kugel B, mit dem runden, gläſernen

*) Man vergeſſe nicht, ſich in das Jahr 1795 zu verſetzen, in welchem Lichtenberg dieſes ſagte.

Fußgeſtell F ſtellt das eigentliche Gazometer vor, und ſteht mit der umgeſtürzten Glocke A, welche darauf geſchraubt iſt, in Verbindung — mittelſt der Oeffnung a, die mit dem Hahne b verſchloſſen werden kann. Nun wird B mit inflammabler Luft, A mit Waſſer gefüllt, und letzteres auf erſteres gebracht. Wenn das Waſſer durch die Oeffnung a in die Kugel B herabfließt, ſo jagt es die inflammable Luft bey c in ein ſtarkes, meſſingenes, mit einem Hahn d verſehenes Rohr, das mit dem Halſe der Kugel B zuſammenhängt. Dieſes Rohr führt in eine kleine Campane C, die am Ende desſelben befeſtiget iſt. An dieſe Campane wird oben eine mit dephlogiſtiſirter Luft gefüllte Blaſe D und unten ein gläſerner Cylinder E geſchraubt. So wie die Campane C mit inflammabler Luft gefüllt iſt, wird durch Zuſammendrücken der Blaſe D auch etwas deplogiſtiſirte Luft in dieſelbe getrieben. Nun wird dieſe gemiſchte Luft angezündet, der

Cylinder E angeſchraubt, und das Verbrennen der beyden Luftarten durch allmähliges Nachdringen und Nachdrücken derſelben unterhalten. Ließe man die dephlogiſtiſirte Luft auf einmahl häufig zufließen, ſo würde ſich die Miſchung mit einem großen Knall entzünden, und die Campane zerſprengen. — Das Verbrennen zerſetzt nun beyde Luftarten in Dämpfe, die ſich an die Campane ſetzen, nach und nach in Waſſertropfen in den Cylinder E herabfließen, und ſich da ſammeln. Am Ende würde die Luftmiſchung doch zu brennen aufhören, wenn man auch noch ſo viel dephologiſtiſirte Luft nachfließen ließe, weil weder die dephlogiſtiſirte noch die inflammable Luft ſo rein iſt, daß ſie nicht etwas phlogiſtiſirte Luft enthalten ſollten, welche ſich nach und nach in der Campane ſammelt, und die Flamme erſtickt. Würde man hingegen dieſe ſchlechte Luft wegpumpen, indem man an der Campane eine kleine Luftpumpe anbrächte: ſo könnte

das Verbrennen und Zerſetzen der beyden Luftarten ſo lange als man wollte, fortgeſetzt werden.

Mit dieſen Gazometern nun, wurden zu Paris die berühmten Verſuche über die Zuſammenſetzung des Waſſers angeſtellt; Lichtenberg erzählt blos von demjenigen, der durch Lefevre de Guineau angeſtellt wurde, und von welchem man im Rozier's Journal 1788 Decem. Nachricht findet. Der Verſuch dauerte 12 Tage lang, in einem fort; bey der Nacht wurde das Laboratorium verſiegelt. Die dephlogiſtiſirte Luft zu dieſem Verſuche machte man aus Braunſtein; die inflammable Luft aus Eiſenſpänen, mit einem Theil concentrirter Vitriolſäure und 5 Theilen Waſſer vermiſcht. Von jeder Luftart hatte man 25000 Cubikzoll. Die Höhe des Barometers, bey welcher man operirte, war 28 Pariſer Zoll, und das Thermometer ſtand auf 10° Reaum.

Während der Operation pumpte man die phlogiſtiſche Luft oft heraus.

Man verbrannte:

1 Pf.*)	15 Unz.	6 Gros	10 Grains	Sauerſtoffgas mit
0 =	8 =	2 =	4 =	Waſſerſtoffgas; also zuſammen
2 =	7 =	8 =	14 =	Hievon abgezogen
=	4 =	7 =	23 =	die nicht verbrannten, bleibt
2 =	3 =	0 =	63 =	als das Totalgewicht der

wirklich verbrannten Luftarten. Und das Waſſer, welches man daraus erhielt, betrug 2 Pfund 3 Unzen 0 Gros 33 Grains.

*) Man muß ſich hiebey erinnern, daß das franzöſiſche Pfund 16 Unzen, die Unze 8 Gros, und das Gros 72 Grains hat. Das Sauerſtoffgas wog demnach 18298 Grains; das Waſſerſtoffgas 4756; beyde Gasarten zuſammen 23054; der gasförmige Rückſtand nach der Verbrennung 2831; die wirklich verbrannten Gasarten 20223; das erhaltene Waſſer 20193.

Delüe ärgert ſich gewaltig, daß die Antiphlogiſtiker dieſen Verſuch ein Faktum nennen. Er iſt ſonſt immer gleichgültig in ſeinen Schriften, aber wenn er auf dieſes Wort kömmt, ärgert er ſich deſperat. Wenn Lichtenberg Geld genug hätte, ſo würde er allen Univerſitäten die Preisfrage aufgeben, was eigentlich ein Faktum ſey. — Delüc behauptet, daß ſchon vor der Verbrennung im Sauerſtoffgaſe ſowohl, als im Waſſerſtoffgaſe Waſſer enthalten ſey, und daß man alſo die Entſtehung des Waſſers durch die Verbrennung, nicht anders zu einen Beweis annehmen könne, als daß man ſtillſchweigend vorausſetze, dieſe Entſtehung ſey nur durch Zuſammenſetzung möglich. Dieß iſt aber eine wahre petitio principii. So lange die Antiphlogiſtiker nicht a priori beweiſen können, daß man durch Abſonderung aus den Luftarten, kein Waſſer erhalten könne, oder durch Verſuche darthun, daß in denſelben keines enthalten

ſey; bleibt es um ihr ſogenanntes Faktum, immer eine mißliche Sache. — In den Gipsfiguren, die auf den Straſſen herumgetragen werden, iſt $\frac{1}{8}$ Waſſer enthalten.

Was die Zerſetzung des Waſſers in dephlogiſtiſirte und inflammable Luft betrifft, ſo hat man nicht nur durch Vergleichung des Gewichts und Umfangs der verbrannten Gasarten, ſondern auch durch wirkliche Verſuche herausgebracht, daß 100 Theile Waſſer, 0,85 Lebensluft und 0,15 inflammable Luft enthalten. Drey verſchiedene Verſuche gaben folgendes Reſultat: 100 Theile Waſſer enthielten: Zum

1tenmahl	$84\frac{1}{4}$	dephlog.	+	$15\frac{3}{4}$	inflam. Luft,
2tenmahl	$84\frac{4}{5}$	=	+	$15\frac{1}{5}$	= =
3tenmahl	$84\frac{1}{3}$	=	+	$15\frac{2}{3}$	= =

Man nannte auch dieß ein Faktum, ungeachtet es doch nach Delüc eine bloße Erklärung war.

Der enſcheidenſte Verſuch über die Waſſerzerlegung ſchien derjenige zu ſeyn, der im Jahr 1789 zu Amſterdam von den Herren Paets von Troſtwyck und Deiman angeſtellt ward. Sie brachten in einen gläſernen mit deſtillirtem Waſſer gefüllten Cylinder, (Siehe Fig. 17.) zwey Golddräthe und ließen auf dieſelben eine elektriſche Batterie wirken. Da ereignete ſich nun der merkwürdige Umſtand, daß Luftbläschen entſtanden, in die Höhe ſtiegen, ſich oben an das Glas anſetzten, und eine Luftſäule bildeten. War nun dieſe Luftſäule ſo lang geworden, als der obere Drath in die Röhre hineinging, ſo entzündete ſie ſich bey der nächſten Entladung, ſie verbrannte, und das Waſſer ſtieg wieder bis an die Spitze des Cylinders in die Höhe. Und hieraus zog man nun den Schluß: Weil der elektriſche Funke dieſe Luftſäule entzündet habe: ſo müſſe ſie ein Gemiſch von dephlogiſtiſirter und inflammabler Luft geweſen ſeyn. — Allein

mit Recht hat man hingegen eingewendet, einmahl, daß man dieſe Luftſäule hätte herausnehmen und eudiometriſch prüfen ſollen — welches nicht geſchehen iſt; und dann, daß man hiebey auf den chemiſchen Einfluß der Elektricität ſo ganz vergeſſe. Wer weiß wie groß dieſer ſeyn mag! Siehe die Lichtenbergiſche Vorrede zum Compendio.

Hygrologie und Hygrometrie.

§. 237. 238.

Hygrologie.

Erxlebens Ueberſchrift: die Luft als ein Auflöſungsmittel anderer Körper, iſt nach den neueſten Verſuchen ganz falſch. Die Luft löst nähmlich das Waſſer durchaus nicht auf — was man auch dafür anführen, und ſo viel Anziehendes auch überhaupt das ſogenannte Auflöſungsſyſtem haben mag. Man hat

lange geglaubt, und glaubt es zum Theil immer noch, daß ſo, wie das Gold vom Königswaſſer aufgelöſet wird, eben ſo auch das Waſſer von der Luft aufgelöſet werde, daß es dann in derſelben ſchwimme, und als Regen u. ſ. w. niedergeſchlagen werde. Liest man Leroys Schrift — eines praktiſchen Arztes zu Montpellier, ſo glaubt man, es könnte durchaus nicht anders ſeyn. Allein er wurde ſelbſt gegen die Auflöſungstheorie mißtrauiſch, und Delüc ſagt von ihm, wenn er jetzt ſein Buch ſchriebe, würde er es ganz anders ſchreiben.

Die Feuchtigkeit in der Luft iſt ein Dampf, der bey jedem Grad von Wärme aus dem Waſſer aufſteigt. Es iſt Waſſer, durch Feuermaterie aufgelöst, oder Feuermaterie in einem ſolchen Grade mit Waſſer verbunden, daß dieſes in Dämpfen aufſteigen, und in der Luft ſich erhalten muß. So wie aus Bley ein Bleyfluß, und aus Eis Waſ-

ſer wird, wenn ſich eine gewiſſe Quantität Feuermaterie damit verbindet: ſo werden auch, bey jedem Grad der Wärme Dämpfe. Die Luft hat hiemit ſchlechterdings nichts zu thun; ja ſie iſt der Evaporation öfters ſogar hinderlich. — Dieß alles gründet und beſtätiget ſich vorzüglich dadurch, daß auch in dem Torricelliſchem Vakuo Dämpfe entſtehen; ja daß ſogar das Queckſilber ſelbſt in dieſem Vakuo als Dampf aufſteigt. Das Erſtere betreffend, darf man nur einen Tropfen Waſſer über das Queckſilber im Barometer bringen und daſſelbe dann der Wärme ausſetzen: es werden die Dämpfe dieſes Tropfens das Queckſilber nach und nach merklich herab treiben. Das Letztere ſah Lichtenberg bey einem gewiſſen Aubert zu London, an einem Barometer mit einer Kugel oben. Er ſchlug nur an, ſo lief das Waſſer in Tropfen herab. — Das Auskochen des Queckſilbers dazu iſt eine gefährliche Sache.

Von dieſer Ausdünſtungstheorie iſt Delüc der Urheber und ſeine vorzüglichſten Gegner ſind Leroy, Sauſſüre und Hube. Allein er hat alle ihre Einwürfe widerlegt, und ſeine Meinung wird ſich wohl, als die wahre behaupten. — Pictet, der doch von dem reichen und imperieuſen Herrn von Sauſſüre zu Genf ſehr abhängig iſt, wenigſtens ſeine Ungnade zu befürchten hat; ſagt: die Sache ließe ſich nach Delüc eben ſo gut erklären. Und Volta ſchrieb Lichtenberg, daß er die Lehre des Delüc vollkommen beſtätiget gefunden habe.

Die Lehre von der Ausdünſtung muß alſo aus dem Kapitel von der Luft ganz heraus und unter dem Nahmen Hygrologie, und nach der Lehre vom Feuer, ſo wie die verſchiedenen Luftarten, abgehandelt werden.

§. 239.

Hygrometer.

Unſere Athmosphäre iſt ſo erſtaunend wichtig, daß wir uns nicht genug um die Beſtandtheile, die in derſelben enthalten ſind, bekümmern können. Keiner von dieſen Beſtandtheilen zeichnet ſich mehr aus, als die Feuchtigkeit. Die Lehre von dem Urſprung derſelben und allem, was ſie angeht, heißt Hygrologie. — Die Lehre von dem, wie ſie beſtimmt und gemeſſen werden ſoll Hygrometrie, und die Inſtrumente, mittelſt welcher dieſe Meſſung geſchieht, Hygrometer, eigentlich alſo Inſtrumente, den Dampfgehalt in der Luft anzugeben; und mithin Meßinſtrumente von den allerwichtigſten Beymiſchungen der Luft.

Könnte man die Feuchtigkeit von der Luft genau ſcheiden, ſo könnte man ſie auch

leicht beſtimmen. Allein da dieß nicht angeht, ſo muß man auf die Veränderungen achten, welche dieſelbe in der Luft hervorbringt — wie ja auch z. B. beym Thermometer geſchieht. Solche Körper, an welchen die Feuchtigkeit Veränderungen hervorbringt, heißen hygroscopiſche Subſtanzen, deren es eine unzählige Menge gibt, die aber nicht alle zum Meſſen geſchickt ſind. Auch werden ſie im Dienſte alt, und alſo unbrauchbar. Das iſt ſehr traurig! Es kömmt alſo viel darauf an, ſolche Subſtanzen zu wählen, die nicht geſchwind verwittern. Sie zerfallen in zwey verſchiedene Claſſen:

1. in ſolche, die die Menge der Feuchtigkeit der Luft, durch Abwiegen beſtimmen, z. B. wenn man reines Vitriolöhl auf einer Waage ins Gleichgewicht ſetzt, dann in ein feuchtes Zimmer bringt: ſo wird man gleich eine Veränderung gewahr werden.

2. in ſolche, bey welchen man auf die Veränderung ihrer Figur ſieht z. B. die Stricke. Allein der Grad der Güte, womit dieſe den Unterſchied angeben, iſt erſtaunend verſchieden. Daher hat man genaue Unterſuchungen angeſtellt, und bey dieſen Unterſuchungen haben ſich vorzüglich Herr von Sauſſüre und Delüc ausgezeichnet.

Herr von Sauſſüre bediente ſich bey ſeinem Hygrometer eines Menſchenhaares. Er läßt dasſelbe in einer Lauge von mineraliſchem Laugenſalz eine halbe Stunde kochen, damit es ſeine Fettigkeit verliere, und Feuchtigkeit lieber annehme. Zu der Lauge nimmt er auf 1 Unze Waſſer, 6 Gran Laugenſalz. Die weißen oder blonden Haare ſind die beſten. Auch zwiſchen den Haaren eines Verſtorbenen und Lebenden iſt ein groſſer Unterſchied, und die letzteren ſind beſſer. Das ſo präparirte Haar verändert ſeine Länge von der größten Tro-

ckenheit bis zur größten Feuchtigkeit um 0,024 bis 0,025 ſeines Maaßes. — Dieſes Haar befeſtiget er nun innerhalb eines Geſtelles von Meſſing A B C D (Fig. 18.) oben bey a, läßt es über die Rolle b lauffen, ſchlingt es um die Rolle c herum, und hängt ein kleines meſſingenes Gewichtchen e daran. An der Rolle c iſt der Zeiger d befeſtiget, der nach dem ſilbernen Maaßſtab f g hinweiſt. Iſt die Luft feucht, ſo dehnt ſich das Haar aus, das Gewichtchen zieht dasſelbe herunter, dreht damit die Rolle um, und damit den Zeiger von 100 gegen 1 hinauf. Iſt hingegen die Luft trocken, ſo zieht ſich das Haar wieder zuſammen, und damit fällt auch die Rolle ſammt dem Zeiger gegen 100 zurück.

Das Null vom Hygrometer oder die allergrößte Trockenheit beſtimmte Sauſſüre auf folgende Art. Er ſetzte das Hygrometer unter eine mit Queckſilber verſperrte Glocke. Nun machte er ein, in Geſtalt ei-

nes halben Cylinders gebogenes Eiſenblech glühend, beſtreute es mit einem Pulver aus gleichen Theilen Salpeter und rohen Weinſtein, und erhielt nun alles ſo eine Stunde lang im Glühen. Hierauf brachte er das Blech, ſo heiß, als ohne Zerſpringung der Glocke möglich war, unter dieſelbe — um das Hygrometer herum, daß dasſelbe ganz bedeckt wurde, und nur ſo viel frey blieb, daß man ſehen konnte, wohin der Zeiger weiſet. Das heiße Blech, beſonders aber der heiße Salpeter riß nun alle Feuchtigkeit der Luft mit groſſer Begierde an ſich, und machte in der Glocke, in welcher er ſich Stundenlang befand, die größte Trockenheit. Wo jetzt der Zeiger hinwies, da ſetzte Sauſſüre das Null an ſeinem Maaßſtabe hin.

Um 100 oder den größten Grad von Feuchtigkeit zu beſtimmen, ſtellte er das Hygrometer wieder unter eine Glocke, legte auf den Boden derſelben einen naſſen Lap-

pen, deſſen Dünſte die Luft in der Glocke bald ſaturirten, und das Hygrometer — nach ſeiner Behauptung — auf den höchſten Grad der Feuchtigkeit eben ſo gut ſtellte, als wenn es unter Waſſer getaucht worden wäre. Wo in dieſem Falle der Zeiger hinwies, da ſetzte er 100. — Auch ein Thermometer brachte er bey ſeinem Hygrometer an, um dasſelbe ſogleich zur Hand haben, und zu Rathe ziehen zu können.

Delüc hat gegen das Sauſſüreſche Hygrometer viele Einwendungen gemacht, ſo wohl in Anſehung der Brauchbarkeit des Haares, als der Beſtimmung der feſten Punkte. In der erſteren Hinſicht wandte er gegen dasſelbe ein, daß das Haar dabey einen ganz krummen Weg nehme, ungefähr ſo, wie ihn Fig. 19. zeigt. Die beſte hygroscopiſche Subſtanz ſey aber diejenige, welche einen geraden Weg, die ſchlechteſte, welche einen krummen nehme, und eine ſolche ſey die Sauſſüreſche. — In letzterer Hin-

ſicht wandte er ein, daß die größte Feuchtigkeit nothwendig durch Einſenken ins Waſſer müſſe beſtimmt werden, und daß man die größte Trockenheit beſſer durch den Gebrauch des Kalks erhalte.

Er erkohr daher das Wallfiſchbein, das er nach der Quere der Faſern ſchneidet, zur hygroscopiſchen Subſtanz. Es ſtehet zwar in der Subtilität dem Sauſſüreſchen Menſchenhaare nach, allein er arbeitete es doch ſo fein, daß ein Streif von einem Fuß in der Länge nur $\frac{1}{4}$ Gran wog, und doch $\frac{1}{2}$ Unze trug, ehe es brach; und dabey hat es den groſſen Vorzug, daß ein ſolcher Streif von 8 Zoll Länge, zwiſchen den Punkten der größten Trockenheit und Feuchtigkeit einen Unterſchied von einem ganzen Zoll gibt. — Dieß Wallfiſchbeinhygrometer hat ungefähr folgende Einrichtung. Der Fiſchbeinſtreifen A B (Fig. 20.) iſt am obern Ende A in eine Art von Zange C aus breit geſchlagenem und gekrümm-

ten Drathe gefaßt, und vermittelſt eines dünnen Meſſingdrathes D an der Welle E befeſtiget, die dem Zeiger F auf der Scheibe G H I drehet. Das untere Ende B des Fiſchbeinſtreifens iſt ebenfalls mittelſt einer Drathzange K und des Drathes M an einen beweglichen Querriegel N O des Geſtelles befeſtiget, welcher durch die Schraube P hin und her geſchoben werden kann, um dadurch den Zeiger zu ſtellen. — Der Fiſchbeinſtreifen wird vermittelſt einer Feder, die in einem ſpiralförmig gedrehten feinen Golddrathe Q beſteht, und deren Wirkung Delüc dem Gewichte vorzieht, geſpannt erhalten. Sie iſt mit dem einen Ende R an der Welle, mit dem andern Ende S an dem Geſtelle des Hygrometers befeſtiget und wirket auf den Fiſchbeinſtreifen, als ein Gewicht von ungefähr 12 Gran. So wie der Streifen durch die Feuchtigkeit länger wird, verliert zugleich die Feder durch Abſpannung, einen Theil ihrer Gewalt. —

Die Axe der Welle E hat ſehr kleine Zapfen, welche in eine Vertiefung des flachen Endes zweyer Schrauben laufen. Sie iſt aus zwey Theilen von verſchiedenen Durchmeſſern zuſammeugeſetzt; der Fiſchbeinſtreiſen wirkt auf den größern, und die Feder auf den kleinern Durchmeſſer. — Um das Null zu beſtimmen, ſchloß Delüc das Hygrometer Wochen lang in ein meſſingenes Behältniß ein, in welches er gebrannten, ungelöſchten Kalk that, der alle Feuchtigkeit der Luft an ſich riß. Wo nun der Zeiger hinwies, ſetzte er das Null hin. Und um dieß ſehen zu können, ließ er in dem Behältniß ein Paar Fenſterchen anbringen. Um ſein 100 zu finden, tauchte er das Hygrometer ganz unter Waſſer.

Delüc bezeichnete die Grade nicht ſo, wie Sauſſüre. Er ſetzt die größte Feuchtigkeit = 100 und die größte Trockenheit = 0; gerade umgekehrt Sauſſüre. — Das Sauſſüreſche Hygrometer, welches Lichten-

berg beſaß, koſtete 18 Thaler; und das Delücſche 12 Thaler. Das letztere wurde von Haas, Delücs Künſtler zu London, verfertiget. Sie ſind äußerſt mühſam zu verfertigen. Delüc lieh einmohl das Seinige Ramsden. Der zerbrach es. Da wurde er ſo böſe darüber, daß er ſogleich wegging, ohne ein Wort zu ſagen.

Delüc hat das Reſultat ſeiner zwanzigjährigen Beſchäftigung mit der Hygrometrie, in zwey Abhandlungen concentrirt, die in Grens Journal Vtem Bande überſetzt ſind.

Sauſſüres Verſuch über die Hygrometrie, iſt das vollſtändigſte Werk über dieſe Materie. Man muß es ja leſen. Er hat die mühſamſten Unterſuchungen mit einem groſſen Zeitaufwand angeſtellet. Er hat auch eine Tafel über den Einfluß des Thermometerſtandes auf das Hygrometer geliefert. Steht z. B. das Hygrometer auf 80°, ſo ſteigt es um 2,4 wenn das Thermometer

um 1° fällt; ſteht es auf 95, ſo ſteigt es in dieſem Fall um 3. Will man alſo wiſſen: wenn in Göttingen das Hygrometer auf 80, das Thermometer auf 15°, in Clausthal, das Hygrometer auf 96, und das Thermometer auf 7° ſteht: wo der meiſte Dampfgehalt befindlich ſey, ſo muß man ſuchen, wie das Hygrometer in Göttingen bey Thermometer auf 7° ſtehen würde. Es würde ganz nahe an 100 kommen. Man ſieht alſo, daß, wenn man mit dem Hygrometer meſſen will, nothwendig auch das Thermometer zu Rathe gezogen werden müſſe.

Eben ſo mühſame Verſuche hat Sauſſüre angeſtellt, wie viel Waſſer eigentlich die Luft enthalte, wenn das Hygrometer auf dieſem oder jenem Grad ſteht. Sein Verfahren hiebey iſt folgendes. Er ſtellte ſein Hygrometer unter die Glocke, und brachte es auf den möglichſten Grad von Trockenheit. Nun ließ er bey klei-

nes Oeffnungen des meſſingenen Deckels der Glocke kleine naſſe Läppchen in dieſelbe hängen, nachdem er die Läppchen vorher gewogen hatte. Saugte die Luft in der Glocke ſo viel Waſſer in ſich aus den Läppchen, daß das Hygrometer auf einen gewiſſen Grad ſtieg: ſo nahm er die Läppchen heraus, wog ſie wieder, und was abging, davon präſumirte er, daß es in die Luft aufgenommen wäre. Endlich ließ er die Luft ſich ganz ſaturiren bis das Hygrometer auf 98, alſo nahe an 100 ſtieg, wog die Läppchen jetzt wieder und fand, daß, wenn das Thermometer auf 15° ſtand, 1 Kubikfuß ſaturirte Luft, 11 Gran Waſſer aufgenommen haben müſſe. Stand hingegen das Thermometer auf 6°, ſo ſaturirte ſich die Luft ſchon mit 5 Gran Waſſer. — Saturiren nun 11 Gran Waſſer 1 Kubikfuß Luft: ſo ſaturirt 1 Kubikfuß Waſſer 50000 Kubikfuß Luft: — Lambert brauchte auch ſchon dieß Verfahren; aber nach ſeinen irri-

gen Reſultaten, imprägnirte ſich 1 Kubikfuß Luft, erſt mit 240 Gran Waſſer, weil ſich ſein Saitenhygrometer immer noch fortdrehte, da die Luft ſchon lange imprägnirt war. Er ſchloß nun von den Umdrehungen des Hygrometers falſch auf die Feuchtigkeit der Luft. — Durch Sauſſüres Verſuch iſt wenigſtens ſchon der Weg zu einem genaueren Verfahren gebahnt, um zu finden, wie viel Feuchtigkeit die Luft zu dieſer oder jener Zeit enthält.

Die Lehre vom Hygrometer iſt in ſo kurzer Zeit, zur ziemlichen Vollkommenheit gediehen. Die Einwendungen eines gewiſſen Zylius, die Lichtenberg in ihrer ganzen Blöße darſtellte, ſind nicht der Rede werth. — Ein großer Vorzug des Hygrometers iſt, daß man die zwey äußerſten Gränzpunkte auf demſelben, ſo genau fixiren kann. Keine trocknere Luft gibt es wohl nicht, als die man durch Kunſt hervorgebracht hat, und eine feuchtere wohl nicht, als das Waſſer,

in welches man das Hygrometer geſteckt hat, um den feuchteſten Punkt zu erhalten. Beym Thermometer muß man willkührliche Punkte annehmen, nähmlich den Gefrierpunkt und den Punkt des ſiedenden Waſſers. Man weiß lange nicht wie heiß und wie kalt es werden kann. — Eben ſo wenig iſt das Barometer fixirt.

Andere Hygrometer.

Unter den ſchon außer Gebrauch gekommenen Hygrometern, iſt das merkwürdigſte von Coventry. Er ſchlug Papierblättchen vor. Der Bogen davon würde ſo fein ſeyn, daß er kaum 27 Gran wäge. Lichtenberg fand die Nachricht davon in Critical Revew. Jahrg. 1788. — Zu Beobachtungen bey bewegter Luft, taugt es eben ſo wenig, als

Das Lowitziſche. Tobias Lowitz zu Petersburg, ein Sohn des ältern

Lowitz, ging einmahl in Aſtrachan, bey Gelegenheit des Durchgangs der Venus durch die Sonne, an den Ufern der Wolga, da wo der Fluß Kimitſchinga (Kamyſchinka), bey der Feſtung Dmitrowsky, in dieſelbe fließt, ſpatzieren und bemerkte eine Art von Thonſchiefer, welcher die Feuchtigkeit in ſo hohem Grade an ſich zog, daß ihn Lowitz, auf die Zunge genommen, von derſelben kaum losmachen konnte. Daher gerieth er auf den Gedanken, ein Hygrometer daraus zu machen. Er ſchliff alſo zarte dünne Scheiben aus dieſem Schiefer, etwa 3½ engliſche Zoll im Durchmeſſer und ½ Linie dick, und brachte eine ſolche Scheibe an den einen Arm einer ſehr empfindlichen Waage, mit einem Gewichtchen an dem andern Arm, ins Gleichgewicht. Eine ſolche Scheibe trocken gebrannt, wog 175 Gran und im Waſſer geſättigt 247 Gran, folglich ſaugte ſie 72 Gran Waſſer in ſich. Da es beſchwerlich wäre, bey jeder Veränderung der Luft,

Grane ab und zu zulegen, ſo brachte Lowitz an ſeiner Waage ſelbſt einen Maaßſtab von 72 an, der die Stelle der 72 Grane vertrat, und ſich immer von ſelbſt ins Gleichgewicht ſtellte. — Unter den vortrefflichen Geſchenken, womit Baron Aſch im Jahr 1780 das Göttingiſche Univerſitäts-Muſäum wieder bereicherte, befanden ſich auch einige Scheibchen von dieſem Aſtrachanſchen Thonſchiefer, deren ſich der verſtorbene Profeſſer Lowitz zu einem Hygrometer bediente. Am 15. Februar 1791, erhielt Lichtenberg von Lowitz aus Petersburg ein Paar neue ſolche Scheiben, wozu die zwey Brüder Vogel aus der Schweitz, die von Göttingen nach Petersburg reiſten, Veranlaſſung gaben. — Eine umſtändlichere Nachricht von dem Lowitziſchen Hygrometer findet man im Göttingiſchen Magazin III. Jahrgang 4tes Stück.

Das Lambertſche Hygrometer gründet ſich auf eine Darmſaite, mit einem Zeiger auf einer meſſingenen Platte.

Das Retziſche iſt völlig ſo eingerichtet, wie das Delücſche. Nur wird hier ſtatt des Elfenbeins, ein Federkiel gebraucht.

Bey Delücs erſtem Hygrometer, war nähmlich die hygroscopiſche Subſtanz, das Elfenbein. Dieß Hygrometer hatte die Geſtalt eines Thermometers, nur daß die Kugel eine Büchſe aus ſehr dünnem Elfenbein und blos die Röhre von Glas war. Die Büchſe, und zum Theil auch die Röhre, war mit Queckſilber gefüllt. Bey feuchter Witterung wurde nun die Büchſe geräumiger, dehnte ſich aus, und das Queckſilber fiel; und ſo wurde alſo durch das Fallen des Queckſilbers die Feuchtigkeit, und durch das Steigen die Trockenheit angezeigt.

Weil das Queckſilber auch eine pyrometriſche Wirkung hat: ſo war dabey auch ein Thermometer angebracht, um dieſe Wirkung corrigiren zu können. Indeß weil dieß

Hygrometer unter der Campane nicht gut zu gebrauchen war, und dabey nur eine Seite des Elfenbeins mit der Luft in Berührung kam: ſo gab es Delüc auf, und gab dafür ein neues an. Auch bey dieſem war zwar der Körper, der die Feuchtigkeit empfängt, wieder Elfenbein; aber es iſt zur Dünne eines feinen Hobelſpans gearbeitet, wird über meſſingene Rollen auf- und niedergeführt, und dreht endlich einen Zeiger. Die Wirkung der Hitze und Kälte zu corrigiren, gab er der Maſchine eine, den roſtförmigen Pendelſtangen ähnliche Einrichtung; auch hatte er die relative Ausdehnung der dabey gebrauchten Körper, durch die Hitze und Kälte ſelbſt von neuem beſtimmt. *)

Eine andere Art von Hygrometern hat man von Stricken, welche überhaupt

*) Göttingiſches Taſchenbuch. Jahrgang 1778. Seite 48.

recht gute hygroscopiſche Subſtanzen ſind. Man befeſtiget einen Strick irgendwo, läßt ihn über einige Rollen hin und her laufen, und hängt an das Ende ein Gewicht mit einem Zeiger. Je nachdem nun die Luft feucht oder trocken iſt, verlängert oder verkürzt ſich das Gewicht. — Bey dieſer Gelegenheit empfahl Lichtenberg den Strick, der vom Johannisthurm in Göttingen zu Jäger hinunter läuft, als ein allgemeines Stadthygrometer — den Wäſcherinnen. — Wie merkwürdig das Verkürzen der Stricke ſey, iſt oben vorgekommen. (Siehe 1. Bändch. S. 526.)

Man hat eine ungeheure Menge von Hygrometern im gemeinen Leben, die man aber beſſer Hygroscope nennen ſollte. So z. B. das kleine Häuschen, wo ein Pärchen herauskömmt. Hinten iſt eine Darmſaite angebracht. Regnet es, ſo kommt der Monſieur mit einem Parapluye heraus, bey ſchönem Wetter die Dame. Nimmt die

Feuchtigkeit zu, ſo dreht ſich das Ding ein Paarmahl. Da hat man alſo wohl darauf zu ſehen, ob die Dame von hinten, oder von vorn, rückwärts oder vorwärts, mit dem poſitiven oder negativen Ende heraus-kömmt! Eine ſolche Art von Hygrometer, iſt auch der Mönch mit der Kapuze, die er wenn es feucht iſt, über den Kopf zieht.

In der Krünitziſchen Encyclopädie, Band 27, werden eine Menge noch anderer Hygrometer beſchrieben. *)

Am leichteſten kann man ſich täglich ſelbſt ein Hygrometer machen, wenn man zwiſchen zwey Stäben, einen Streifen Papier feſtklebt. Iſt die Luft feucht, ſo wird er ſich ausdehnen und einen Bogen machen, iſt ſie hingegen trocken, ſo wird er ſich anſpannen.

*) Von neuern Hygrometern ſiehe Fiſchers Wörterbuch, Gilberts Annalen und Buſch's Almanach.

§. 240. 243.

Dieſe Paragraphen, die vom Roſten der Metalle, von der Gährung, von der Fäulniß und vom Verwittern handeln, wurden von Lichtenberg ganz übergangen; nur der Gährung gedachte er mit ein Paar Worten.

Sie entſteht, wenn man abgeſtorbene thieriſche oder vegetabiliſche Theile in Wärme oder im Waſſer der freyen Luft ausſetzt. Man bemerkt dann immer innere Bewegung; und dieſe wird die Gährung genannt; von welcher man drey Arten, die Weingährung, die Eſſiggährung und die faule Gährung, welche die Damm-Erde gibt, unterſcheidet. Meiſtentheils gehen alle drey Veränderungen unter den erwähnten Umſtänden in einem Körper vor.

Künſtlich zuſammen gedrückte Luft.

§. 244.

Heronsball. Heronsbrunnen.

Der Heronsball (Pila Heronis) iſt ſchon oben vorgekommen (§. 231.) Bläſt man in denſelben hinein, ſo ſpringt das Waſſer eben ſo zur Oeffnung heraus, als wenn die Luft um ihn herum genommen wird.

Die Einrichtung des Heronsbrunnen (Fons Heronis) iſt folgende. Der ganze Brunnen beſteht aus zwey Abtheilungen C und D (Fig. 21.), und die obere wird durch die Oeffnung G, vermittelſt eines Trichters mit Waſſer gefüllt. Wird nun in die Schüſſel A B Waſſer gegoſſen, ſo fließt daſſelbe in die Röhre bey E hinein und kömmt unten bey F heraus, und treibt alſo die Luft aus der untern Abtheilung, bey

H in die Röhre H I hinein, wo ſie dann bey I herauskommt, verdichtet wird, und auf das Waſſer ſo drückt, daß dasſelbe bey K in die Röhre K L dringen und oben bey L herausſpritzen muß. — Es ergibt ſich von ſelbſt, daß die obere Abtheilung nicht ganz voll mit Waſſer seyn kann, ſondern nur bis unter die Oeffnung von I. — Nach einer andern Einrichtung des Heronsbrunnens, werden beyde Abtheilungen weiter auseinander gerückt, und deren hat man auch doppelte. Sie werden, damit ſie nicht ſo umſtändlich ausſehen, in einem gehörig eingemachten Kaſten eingeſchloſſen. Eben ſo hat man auch einfache und doppelte Heronsbrunnen von Glas, deren Einrichtung ganz auf ähnlichen Gründen beruht. In den doppelten ſpringt das Waſſer noch einmahl ſo hoch.

Man hat von dem Heronsbrunnen herrliche Anwendungen bey den Bergwerken gemacht. So war zu

Schemnitz, eine auf die Einrichtung des Heronsbrunnens ſich gründende Maſchine, mit der man das Waſſer 60 bis 80 Klafter hoch heben konnte. Die Einrichtung derſelben iſt kurz dieſe. Unten beym Waſſerreſervoir A (Fig. 22.) öffnet Jemand die Röhre H, damit das Waſſer in den Keſſel B fließe. Iſt er voll, ſo gibt er dem, der oben bey der Röhre C ſteht, ein Zeichen. Der gießt nun Waſſer in die Röhre. Dieß fließt in den Keſſel D. Hier wird alſo die Luft verdichtet und durch die Luftröhre E in den Keſſel B gejagt. Und ſo wird nun das Waſſer in demſelben durch die Steigröhre F in die Höhe getrieben und in die Stelle G gebracht, wo es ſeinen Abfluß erhält. — In einer Minute wird dieß Manövre 20 Mahl wiederhohlt, und ſo können alſo in einer Stunde mehrere Eimer Waſſer hinaufgebracht werden, Die Keſſel ſind ganz von Metall und auſſerordentlich ſtark. Der obere iſt 5 Fuß hoch und hat 3 Fuß im Durch-

meſſer. Der untere iſt eben ſo hoch, hat aber einen kleineren Durchmeſſer. Die Röhre C iſt von Eiſen und 40 bis 50 Klafter hoch. — Dieſe Maſchinen ſind ſehr koſtbar und die Schemnitzer iſt längſt eingegangen.

Segners ſchwimmende Fontaine (Fig. 23.) hat folgende Einrichtung. Sie beſteht aus zwey Theilen, aus dem obern A B und aus dem untern C D E, der obere Theil iſt zur Hälfte mit Waſſer gefüllt, daß man bey der Oeffnung F hinein bringt, welche hernach ſorgfältig mit einem Kork verſchloſſen wird. Der untere Theil iſt ſo, wie die daran befeſtigte Röhre hohl. Beyde ſchwimmen nun, oder müſſen ſo eingerichtet werden, daß ſie in dem Gefäße G H ſchwimmen, welches bis I K mit Waſſer gefüllt iſt. Die Atmosphäre nun drückt auf die Oberfläche des Waſſers I K. Es dringt alſo bey der Oeffnung E hinein, und jagt die Luft zur Oeffnung L der Röh-

re L O heraus. Hier wird ſie nun comprimirt und drückt ſo auf das Waſſer im obern Theil, daß es zur Oeffnung M der Röhre M N hineingetrieben wird, und ſo oben bey N herausſpritzen muß.

Die Wirkung des Windkeſſels in den Feuerſpritzen hängt ganz von der comprimirten Luft in demſelben ab. Die gewöhnlichen Feuerſpritzen gehen nähmlich nicht in einem ſteten Strahl; es gibt aber welche, die dieß thun; und dieß rührt von der Wirkung des Windkeſſels her. Ihre Einrichtung iſt folgende. In dem Kaſten A B (Fig. 24.) der auf einem Wagen ſteht, und voll mit Waſſer gefüllet iſt, befindet ſich der Windkeſſel Q. Dieſer iſt mit zwey einander gerade gegenüberſtehenden Stiefeln C und D verbunden, vermög deren Kolbenſpiel das Waſſer in den Keſſel hineingetrieben wird, indem es durch die beyden Oeffnungen n und m dringet. Die beyden Ventile p und q, mit de-

nen dieſe beyden Oeffnungen innerhalb des Keſſels verſehen ſind, öffnen und ſchließen ſich wechſelweiſe, nachdem die Kolben ſteigen oder fallen. Die Boden der Stiefel ſind unterhalb den Kegel-Ventilen K und l mit Löchern verſehen, an eben dieſem Ort tritt das Waſſer in die Stiefel hinein, ſo oft als ein Kolben gehoben wird. Die Wirkung dieſer Kolben beſteht dann darinnen, daß wenn ſie das Waſſer aus dem Kaſten herbeygeſauget, und die Stiefel damit angefüllt haben, ſie ſolches alsdann in dem Windkeſſel durch die Oeffnungen n und m hinein treiben. Hier wird nun die Luft, weil ſie, ſobald das Waſſer über das Loch G in die Höhe geſtiegen, keinen weitern Ausgang findet, in dem obern Theil des Keſſels zuſammengedrängt und um ſo mehr verdichtet, je mehr Waſſer in den Keſſel tritt, da die Mündung des Loches G an ſich weit kleiner iſt, als die Mündungen der Stiefel, folglich mehr Waſſer in dem

Keſſel beyſammen verbleiben muß, als davon in eben der Zeit wieder abgehen kann. Solchergeſtalt wird denn das Waſſer ohne Unterlaß fortgetrieben, nicht allein, weil zwey Kolben vorhanden, die ihren Druck wechſelweiſe verrichten, ſondern auch deßhalb, weil die Oberfläche des in dem Windkeſſel eingeſchloſſenen Waſſers von der ſtemmenden Kraft der eingeſchloſſenen und verdichteten Luft niederwärts gedruckt wird, welche ſtemmende Kraft beynahe faſt mit eben der Gewalt wirket, als diejenige beträgt, mit welcher die Kolben niederwärts getrieben werden; ſo daß alſo das Waſſer faſt ununterbrochen fort, mit einerley Geſchwindigkeit fortgeſpritzet wird, ungeachtet der unſtäten und ungleichen Wirkung derjenigen Perſonen, die an den beyden Armen des Hebels E F beſchäftiget ſind.

Man kann ſich die Wirkungen des Windkeſſels auch im Kleinen und ohne Feuerſpritze ſinnlich machen, durch folgende Vor-

richtung. Es ſey A (Fig. 25.) ein rundes kupfernes Gefäß, B eine Oeffnung an deſſen Boden, mit einem Ventil verſehen. An dieſer Oeffnung ſey die Röhre C B angelöthet, und von oben herab gehe durch das Gefäß die Röhre D E, die bey F mit einem Hahne verſehen iſt, durch welchen ſie geſchloſſen werden kann. Man bringe durch das Zapfenloch G ſo viel Waſſer in das Gefäß, daß es ungefähr bis H zu ſtehen kömmt. Nun ſchraube man das Gefäß bey der Oeffnung B an einen Luftverdichter, mittelſt welchem man die Luft in den Windbüchſen verdichtet, und pumpe Luft in dasſelbe hinein. Die Luft tritt nun durch die Röhre B C über das Waſſer hinauf und verdichtet ſich daſelbſt deſto mehr, jemehr man hinein pumpt. Schraubt man nun den Luftverdichter wieder ab, und öffnet den Hahn F, ſo treibt die verdichtete Luft das Waſſer durch die Röhre E D in dem Ver-

hältniß heraus und in die Höhe, in welchem ſie verdichtet iſt.

§. 245.

Carteſianiſche Teufelchen.

Es ſind dieß hohle Männchen aus Glas geblaſen. Am Körper haben ſie eine kleine Oeffnung, durch welche man Waſſer hineinbringen kann. Man bringt gerade ſo viel hinein, daß ſie im Waſſer ſchweben, oder nur etwas ſpecifiſch leichter werden, als das Waſſer. So bringt man ſie in ein cylindriſches Glas, das voll mit Waſſer gefüllt, und oben mit einer ſtarken Blaſe oder Wachstaffet zugebunden iſt. Drückt man nun mit dem Daumen auf die Blaſe niederwärts, ſo dringt noch mehr Waſſer in die Teufelchen hinein, weil die übrige Luft in demſelben elaſtiſcher iſt, als das Waſſer. Nun werden ſie alſo ſchwerer als das Waſſer, ſinken folglich, ſchweben oder ſteigen

auf, je nachdem ſie durch den Daumendruck auf die Blaſe, kommandirt werden. So bald der Druck völlig nachläßt, ſtellt ſich die zuſammen gepreßte Luft in dem Teufelchen wieder her, treibt das Waſſer heraus, macht das Männchen geringer, und ſchwingt es wieder empor. — Bringt man mehrere ſolcher Teufelchen in ein Glas: ſo wird alles deſto poſſierlicher.

§. 246.

Compreſſionsmaſchinen.

Sie machen einen Theil der guten Luftpumpen aus, und ſind ſchon oben vorgekommen. Die Verdichtung der Luft durch dieſelben läßt ſich berechnen und meſſen.

§. 247.

Windbüchſen (Tela pnevmatica).

Unſere gewöhnlichen Büchſen ſind auch weiter nichts als Windbüchſen. Indeß man

nennt doch nur diejenigen Büchſen, Wind-büchſen, wo die Verdichtung der Luft, nicht durch Entzündung des Pulvers, ſondern durch mechaniſche Operationen bewerkſtelliget wird. Kaiſer Joſeph II. wollte ein kleines Corps von Windſchützen errichten; allein es unterblieb, wegen der gar zu leichten Deſtruktibilität der Windbüchſen.

Guericke hat durch verdünnte Luft geſchoſſen. Dieß ſcheint ein Widerſpruch zu ſeyn. Allein er verdichtete durch ſeine Operation die äußere Luft, und ſo drang dieſelbe in die luftleere Röhre hinein und ſchlug die Kugel durch. Sein Verfahren war ungefähr folgendes. B C (Fig. 26.) iſt der Lauf einer Windbüchſe, an deſſen unterm Ende die genau und feſt paſſende Kugel B, an deſſen obern Ende das Ventil C ſich befindet. Bey D hat der Lauf eine Oeffnung und die Seite desſelben iſt von da an, bis zum Ventil C hohl. E ſtellt den Recipienten über der Luftpumpe vor. Er brachte al-

ſo den Lauf über die Luftpumpe, machte ihn luftleer, und ſo mußte natürlich die Kugel von der äußern nun dichtern Luft durch den Lauf getrieben werden. — Uebrigens ſieht man freylich, daß man mit dieſer Büchſe nicht auf die Jagd gehen könnte! —

§. 248.

Mariottiſches Geſetz.

Nach welchem Geſetze richtet ſich die Verdichtung der Luft? Durch die Beantwortung dieſer Frage hat ſich Mariotte unſterblich gemacht. Das Reſultat, das ſich aus ſeinen Verſuchen ergab, iſt das weltberühmte Mariottiſche Geſetz, das kurz ſo lautet: die Dichtigkeit der Luft verhält ſich, wie der Druck der darauf Statt findet — wie die Kräfte, die darauf drücken. Alles in der Welt, nur dieſes nicht vergeſſen! Sonſt glaubt

man einem gar nicht, daß man Phyſik gehört habe.

Mariotte nahm eine gekrümmte, 3 bis 4 Linien weite Glasröhre A B C D (Fig. 27.) deren beyde Schenkel A B und C D parallel, der eine C D von 12 Zoll Höhe und der andere A B von 8 Fuß Höhe waren. Der kurze Schenkel war bey D zugeſchmolzen, der längere hingegen bey A offen. Nachdem er nun in dieſe Röhre bey A ſo viel Queckſilber gegoſſen, daß die Baſis derſelben B C ausgefüllet, und die Luft in dem Schenkel C D von der Athmosphäre abgeſchnitten war: goß er in den längeren Schenkel nach und nach immer mehr Queckſilber und trieb dadurch das in der Baſis befindliche, immer mehr in den kürzern Schenkel C D hinauf — beydes in folgenden Verhältniſſen:

1. Wenn das Queckſilber im längern Schenkel bis auf 18 Zoll ſtand: ſo ſtieg es im kürzern bis auf 4 Zoll.

2. Wenn es im längern auf 34 Zoll ſtand: ſo ſtieg es im kürzern auf 6 Zoll.

3. Wenn es im längern auf 93 Zoll ſtand: ſo ſtieg es im kürzern auf 9 Zoll.

Was iſt nun in Anſehung der zuſammendrückenden Kräfte und in Anſehung der Verdichtung der Luft geſchehen?

In Anſehung der zuſammendrückenden Kräfte iſt folgendes geſchehen. Beym erſten Stadium drückten vor der Operation, 28 Zoll auf die Luft in dem Schenkel C D — laut damahligen Barometerſtande; nach der Operation dauerte dieſer Druck noch immer fort und es iſt noch ein neuer von 18 — 4 = 14 Zoll hinzugekommen. Im Ganzen drücken alſo jetzt 24 + 14 = 42 Zoll auf die Luft in C D, und der alte Druck verhält ſich folglich zum neuen, wie 28 : 42 = 2 : 3, oder der neue Druck iſt 1½ Mahl größer, als der alte.

Beym zweyten Stadium drückten vor der Operation 28 Zoll auf die Luft in C D, nach derſelben 28 + 34 — 6 = 56 Zoll, und der alte Druck verhält ſich alſo zum neuen, wie 28 : 56 = 1 : 2, oder der neue Druck iſt 2 Mahl größer, als der alte.

Beym dritten Stadium, drückten vor der Operation 28 Zoll auf die Luft in C D, nach derſelben 28 + 93 — 9 = 112 Zoll, und der alte Druck verhält ſich alſo zum neuen wie 28 : 112 = 1 : 4, oder der neue Druck iſt 4 Mahl größer als der alte.

In Anſehung der Verdichtung der Luft in dem Schenkel C D iſt folgendes geſchehen. Beym erſten Stadium nahm die Luft vor der Operation, den Raum von 12 Zoll ein, nach derſelben den Raum von 12 — 4 = 8 Zoll. Der alte Raum verhält ſich alſo zum neuen wie 12 : 8, und die Dichtigkeit der Luft hat

folglich zugenommen, weil die nähmliche Quantität vorhin einen größern Raum einnahm. Sie hat aber gerade um ſo viel zugenommen, um wie viel der Raum abgenommen hat, weil ſie ſich immer verkehrt, wie der Raum verhält. Mithin verhält ſich die alte Dichtigkeit zur neuen wie 8 : 12 = 2 : 3 oder die neue Dichtigkeit iſt 1½ Mahl größer.

Beym zweyten Stadium nahm die Luft vor der Operation, den Raum von 12 Zoll ein, nach derſelben, den Raum von 12 — 6 = 6 Zoll. Der alte Raum verhält ſich alſo zum neuen, wie 12 : 6, und da ſich die Dichtigkeit verkehrt wie der Raum verhält: ſo verhält ſich die alte Dichtigkeit zur neuen, wie 6 : 12 = 1 : 2, oder die neue Dichtigkeit iſt 2 Mahl größer, als die alte.

Beym dritten Stadium nahm die Luft vor der Operation, den Raum von 12 Zoll ein, nach derſelben den Raum von

12 — 9 = 3 Zoll. Der alte Raum verhält ſich alſo zum neuen, wie 12 : 3, und folglich die alte Dichtigkeit zur neuen wie 3 : 12 = 1 : 4, oder die neue Dichtigkeit iſt 4 Mahl größer, als die alte.

Es bedarf nun wohl weiter der Erinnerung nicht mehr, daß die ſchönen Verhältniſſe der zuſammendrückenden Kräfte, und der Verdichtung der Luft, einander vollkommen gleich ſind, daß alſo

$$28 : 42 = 8 : 12$$
$$28 : 56 = 6 : 12$$
$$28 : 112 = 3 : 12;$$

und es iſt mithin ein allgemeines Geſetz; daß ſich die Dichtigkeit der Luft verhalte, wie der Druck, der darauf Statt findet. Wenigſtens hat es Mariotte wie aus dem eben angeführten erhellt, bis auf die vierfache Verdichtung richtig gefundeu. Ja Winkler zu Leipzig, hat es gar beym

achtfachen Druck beſtätiget gefunden. Er mußte alſo, um die Luft in den achten Theil eines 12 Zoll langen Raums zu preſſen, acht Barometer Säulen über einander ſtellen, oder eine Queckſilberſäule von $18\frac{3}{4}$ Fuß Länge haben, und die Verhältniſſe, welche er erhielt, mußten folgende ſeyn: 28 : 224 = $1\frac{1}{2}$: 12. Eben ſo hat dieß Geſetz auch der jüngere Sauſſüre in verdünnter Luft auf Bergen, bey einem Barometerſtande von 18 Zoll bewährt. — Sulzer zu Berlin, wollte zwar etwas gegen dasſelbe einwenden; aber Lambert hat ihn in ſeiner Pyrometrie vortrefflich widerlegt. —

Man kann das Mariottiſche Geſetz nach einer doppelten Formel ausdrücken:

1. Die Dichtigkeit der Luft verhält ſich verkehrt, wie die Räume, in welchen ſie eingeſchloſſen iſt; oder

2. Die Dichtigkeit der Luft verhält ſich wie die Kräfte, die darauf drücken; und folglich

Kräfte		Räume		Dichtigkeit
1	=	1	=	1
2	=	$\frac{1}{2}$	=	2
3	=	$\frac{1}{3}$	=	3
6	=	$\frac{1}{6}$	=	6
20	=	$\frac{1}{20}$	=	20
60	=	$\frac{1}{60}$	=	60
n	=	$\frac{1}{n}$	=	n

Noch muß folgendes bemerkt werden:

1. Wenn man in eine Glasröhre, worinn ſchon das Queckſilber 1 Zoll hoch ſtehet, noch 1 Zoll Queckſilber zugießt: ſo muß man ja nicht glauben, daß man die Luft 1 Mahl verdichtet worden ſey. Nein; ſondern was iſt geſchehen? vorhin drückte die Luft mit einer 28 Zoll hohen Queckſilberſäule; jetzt beträgt der Druck 29 Zoll.

Gießt man 2 Zolle Queckſilber zu, ſo beträgt der Druck 28 + 2 Zoll = 30. Zu jedem Quantuplum der Verdichtung der Luft braucht man vielmehr den Druck einer ganzen Atmosphäre. Zu der viermahligen Verdichtung der Luft in dem Schenkel C D (Fig. 27.) mußten vier Atmosphären über einander gegoſſen werden. Eine = 28 war ſchon da, und drey neue 3. 28 = 84 kamen hinzu. Und 28 + 84 oder 4. 28 = 112. So goß Winkler eigentlich 8 Atmosphären über einander.

2. Wendet man hingegen die Röhre um: ſo drückt die Atmosphäre, wenn 1 Zoll nachgegoſſen worden iſt, mit einer 27 Zoll hohen Queckſilberſäule; wenn 2 Zoll zugegoſſen worden ſind, mit 26 Zoll u. ſ. w. — Man kann alſo ſagen, durch 1 Zoll Queckſilber zuſammengedrückt oder ausgedehnt.

Nun wie weit mag ſich das Mariottiſche Geſetz aufwärts und abwärts erſtrecken?

Aufwärts hat dieß Geſetz gewiß ſeine Grenzen. Man bedenke nur

Kraft		Raum		Dichtigkeit
1	=	1	=	1
$\frac{1}{2}$	=	$\frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$	=	$\frac{1}{2}$
0	=	$\frac{1}{0}$	=	0

Aber $\frac{1}{0}$ iſt das Zeichen für das Unendliche, in der ganzen Mathematik iſt $\infty = \frac{1}{0}$. Es würde alſo folgen, daß wo kein Druck mehr iſt, die Luft ſich bis ins Unendliche erſtrecke. Allein dieß kann doch unmöglich der Fall ſeyn. Das Mariottiſche Geſetz muß aufwärts ſeine Gränzen haben, und dieſe Gränzen müſſen da ſeyn, wo die Expanſionskraft der Schwere gleich iſt.

Abwärts hat man wohl noch durch die Erfahrung keine Abweichung von dieſem Geſetze gefunden. Allein es iſt a priori nicht

unwahrſcheinlich, daß auch da eine Abweichung Statt haben muß. — Selte das Geſetz nur 11 deutſche Meilen abwärts: ſo würden ſich daraus folgende wichtige Reſultate ergeben. Man denke ſich einen ſo tiefen Brunnen, und laſſe es bis ans Ende desſelben wirken: ſo würde in einer Tiefe von 29031 Toiſen die Luft ſo dicht ſeyn, als das Waſſer, und alſo dieſes auf jener ſchwimmen. Um dieß zu finden, darf man nur den Logarithme von 800 . 28 = 22400 ſuchen, davon den Logarithme von 28 abziehen, und von der erhaltenen Differenz die drey letzten Ziffern abſchneiden.

	Alſo log.	22400	=	4, 3502480
davon abgezogen	log.	28	=	1, 4471580
	gibt zur Differenz		=	2, 9030900

Hieraus ergibt ſich dann ferner, daß das Zinn, in einer Tiefe von 37481 *) Toi-

*) Das ſpecifiſche Gewicht des Zinns iſt = 7, des Silbers = 11, des Queckſilbers =

ſen Silber = = 39444 =
Queckſilber = 40492 =
Gold = = 41818 =

ſchwimmen würde. Die letztere Zahl beträgt faſt 11 deutſche Meilen, weil 3808 Toiſen = 1 deutſche Meile iſt. In einer Tiefe alſo von 11 deutſchen Meilen würde das Gold ſchwimmen, wenn das Mariottiſche Geſetz bis dahin gälte. Wer da einen Dukaten fallen lieſſe, dem fiele er nicht auf die Erde, ſondern er würde ſchwimmen. — Im Mittelpunkt der Erde würde nichts ſchwer ſeyn.

Hierauf gründet ſich die ſchon mehrmahls erwähnte Franklinſche Behauptung, daß die Luft der ſpecifiſch ſchwerſte Körper

---

14 des Goldes = 19 angenommen. Um obige Toiſen zu erhalten, muß jede dieſer Zahlen mit 22400 = 800 . 28 multiplicirt und dann von dem Logarithme des Produkts, der Logarithme von 28 abgezogen werden.

in der Natur ſey — und ſeine Theorie von der Entſtehung unſrer Erde.

Da die ſpecifiſche Elaſticität der Luft durch die Wärme ſo groſſe Veränderungen leidet: ſo verſteht ſichs von ſelbſt, daß darnach das Mariottiſche Geſetz corrigirt werden muß. Hievon in dem Abſchnitte von der Wärme, ein Mehreres. In runder Zahl nimmt man an, daß bey einer Aenderung der Wärme von 1° R. die Dichtigkeit bey gleichem Drucke, ſich um $\frac{1}{200}$ ändere.

§. 249.

Wie weit geht die Verdichtbarkeit der Luft?

Dieſe Frage kann nicht genau beantwortet werden, weil die Verſuche darüber eines Theils zu ſchwer, und andern Theils zu gefährlich ſind. Man weiß nur, wie oft man bereits die Luft hat verdichten können.

Hales, Cabinetsprediger der Prinzeßinn von Wallis, der Mutter des jetzigen Königs, und wegen ſeiner phyſikaliſchen Verdienſte, in der Weſtmünſterabtey begraben, ſtellte hierüber folgenden merkwürdigen Verſuch an. In ein Gläschen A (Fig. 28.), das einen Deckel von Kork hatte, ſteckte er durch dieſen Korkdeckel, eine oben verſchloſſene Röhre B, die 4,66 Zoll lang war. Unten bey C ſteckte die Röhre in Queckſilber, über welches ein bischen Terpentinſpiritus ſchwamm, den er etwas blau gefärbt hatte. Dieſen ganzen Apparat brachte er nun in eine Bombe, füllte dieſelbe mit Waſſer, und trieb einen tüchtigen Keil von Holz in die volle Bombe hinein, ſo daß am Ende das Waſſer ſelbſt durch die Poren desſelben heraus drang. Natürlich wurde hiedurch das Waſſer in der Bombe ausgedehnt, drang durch den Korkdeckel des Gefäßes A, und preßte die Luft in demſelben immer mehr zuſammen. Dieſe

zuſammen gepreßte Luft trieb denn immer mehr Queckſilber in die Röhre B hinein, und dieſes Queckſilber preßte immer mehr die Luft in der Röhre zuſammen, worauf es bey dieſem Verſuche ankam. Wie hoch aber das Queckſilber geſtiegen war, und wie vielmahl alſo die in der Röhre ſich befindende Luft verdichtet wurde: zeigte der blau gefärbte Terpentinſpiritus an, der dem Queckſilber voran in die Röhre getrieben wurde, und alſo den Weg bezeichnete. Als er das Gefäß herausnahm, zeigte ſich durch die Spuren der blauen Farbe, daß die Luft in der Röhre, die vor der Compreſſion $\frac{466}{100}$ Theile eines Zolls eingenommen hatte, nach derſelben nur $\frac{12}{100}$ Theile eines Zolls einnahm, alſo $\frac{466}{12} = 38\frac{5}{6}$ Mahl verdichtet wurde.

Um dieß noch weiter zu treiben, verfuhr Hales ein anders Mahl, auf die nähmliche Art, wie vorhin. Nur ſtatt einen Keil in die Bombe zu treiben, ſetzte er dieſelbe

einer groſsen Kälte aus, die er dadurch künſtlich vergrößerte, daß er Schnee mit Salz vermiſcht um die Bombe herum legte. Allein, weil ſich das Waſſer mit einer ſo groſſen Gewalt ausdehnt, wenn es friert — wie man ſich bald durch einen Flintenlauf überzeugen kann, der, wenn er mit Waſſer gefüllt, an ſeiner Oeffnung feſt verſchlagen oder verlöthet und dann einer groſsen Kälte ausgeſetzt wird, mit großem Krachen zerplatzt: — ſo zerſprengte die Kälte die Bombe, und damit auch das Gefäß A und die Röhre B in Stücken. Winkler berechnete aus der Kraft, mit welcher hier das Glas zerplatzte, daß die Luft 3357 Mahl müßte verdichtet geweſen ſeyn. Nach einer andern Rechnung kommt 1837 heraus.

§. 250.

Permanenz der Luftelaſticität.

Aus dem Robervallſchen Verſuche auf die Dauer der Elaſticität der Luft

ſchließen wollen: wäre ſehr unphyſiſch und unphiloſophiſch. Der Verfaſſer führt es auch nur im Scherze an. Aber aus den Muſſenbroeckiſchen Verſuchen läßt ſich wohl darauf ſchließen. Er verfuhr wie Mariotte mit ſeiner Röhre, goß immer zu, hatte Thermometer und Barometer daneben, und bemerkte keinen Unterſchied der Abnahme der Elaſticität in fünf Jahren.

Der Heber.

§. 252.

Begriff vom Heber.

Die Lehre vom Heber iſt keine von den unwichtigen Materien, theils wegen der ſchönen Anwendungen, welche davon die Natur ſowohl, als die Kunſt zu machen weiß, theils wegen der Streitigkeiten die darüber entſtanden ſind, und wegen welcher eine gelehrte Societät bald auseinander ge-

gangen wäre. Ueberdieß kann man nirgends leichter, als hier, die Theorie durch die Erfahrung beleuchten. Es iſt nicht ſchwer, die kompleteſte Sammlung von Hebern zu erhalten, ſo daß kein einziger wichtiger fehlt, wie dieß bey Lichtenberg der Fall war. Dieß rührt von dem ſo leicht begreiflichen Umſtande her, daß die Heber nicht viel koſten.

Das Phänomen iſt bekannt, daß, wenn man das eine Ende einer krummgebogenen zweyſchenklichten Röhre, ins Waſſer hält, und am andern Ende ſaugt, das Waſſer nachfolge, und zwar ſo lange, bis es in beyden Röhren horizontal zu ſtehen kömmt. Eben ſo ausgemacht gewiß iſt es, daß dieß einzig und allein vom Druck der Luft herrührt. Man denke nur an den Stechheber, oder an jede andere Röhre in einem Gefäße. Aber es gab Perſonen, die es nicht vom Druck der Luft herleiteten, ſondern per aliqualem cohaesionem erklären woll-

ten. *) Darüber entſtanden die ſo eben erwähnten Streitigkeiten. Die Procedur des Saugens läßt ſich sehr ſchön mit Sägſpänen bemerklich machen, worauf Lichtenberg zufällig verfiel. — Auch werden wir ſogleich ſehen, daß man den Heber nicht immer durch Saugen zu füllen brauche.

---

*) Dieß war Hollman in Göttingen. Auf ſeinen Vorſchlag wurde im December des Jahrs 1757, von der Societät der Wiſſenſchaften daſelbſt, die Preisfrage aufgegeben: Zu erklären, warum der Heber im Vacuo fließe. (Siehe Götting. Anz. 1757, 147.) Indeß bald darauf zeigte Cowitz der Societät auf unterſchiedene Manieren, daß Heber von gehöriger Größe, die in freyer Luft floſſen, im Vacuo nicht floſſen. Und ſo nahm ſie denn, im July des folgendes Jahrs die Preisfrage zurück, und gab ſtatt derſelben eine andere auf. (Siehe Götting. Anz. 1758, 89). Mehreres hierüber, ſiehe Käſtners Vorrede zu den Anmerkungen über die Markſcheidek. Götting. 1775.

§. 253.

Anwendungen vom Heber.

Der Jordanſche Heber hat die Einrichtung, wie Fig. 29. zeigt. Beyde Gefäße A und B, ſowohl als beyde Röhren C und D ſind mit Waſſer gefüllt. Oeffnet man nun den Hahn bey m oder bey n, ſo fließt das Waſſer aus dem andern Becher herüber und es entſteht alſo bey gleich langen Schenkeln ein Heber. Aber eben dadurch, daß das Waſſer abläuft, entſteht erſt der Heber. Der geöffnete Hahn liegt doch immer tiefer, als die Oberfläche des Waſſers in dem entgegengeſetzten Gefäße.

Unter den verſchiedenen Lagen, die ein Heber haben kann, kann man ſich auch eine ſolche denken, daß der längere Schenkel in den kürzeren ſteckte, und auf irgend eine Art daran befeſtiget wäre. Dieß iſt denn der Fall beym ſogenannten Vexierbecher

(Diabetes Heronis) aus welchem das darinn befindliche Fluidum allemahl und nur alsdann ausläuft, wenn er damit ganz gefüllt wird. In dem Gefäße A B C D (Fig. 30.) ſtellen nähmlich die beyden Röhren m n und o p q einen Heber vor. Die erſtere oder m n die an beyden Enden offen iſt, geht durch den Boden des Gefäßes. Sie iſt mit der andern oder mit o p q bedeckt, welche nirgends offen iſt, als bey o. Wird nun das Gefäß gefüllt, ſo tritt das Fluidum, dem die Luft durch n m ausweicht, nach hydroſtatiſchen Geſetzen in den Raum zwiſchen beyde Röhren. Wenn es alſo der innern Röhre obere Oeffnung n erreicht hat, fängt die Heberwirkung an, und das Fluidum läuft zur Röhre o m heraus, ſo lange davon ein Tropfen im Gefäß enthalten iſt. Die Schemnitziſchen Becher, mit den ſchönen Inſchriften: Was ich hier zeigen thu, ein Wunder nennen mag, bin Kupfer und war Eiſen ꝛc. ſind

auch auf dieſe Art eingerichtet. Auch hat man Vexierbecher von Glas, bey welchen der Heber eine cirkelförmige Geſtalt hat. Fig. 31. ſtellt einen ſolchen vor. — Seine Einrichtung bedarf wohl keiner weitern Erklärung.

Der künſtliche Brunnen, wobey eine Schlange ſäuft, was der Storch ausſpeyet, iſt eine Verbindung des Heronsbrunnen mit dem Heber, und hat folgende Einrichtung. Die zwey Gefäße A B und C D (Fig. 32.) ſind mit einander durch die Stange E verbunden; das obere iſt durch die Scheidewand F in zwey Abtheilungen getheilt, und die Abtheilung F B bis F B mit Waſſer gefüllt — zu welchem Ende das obere Gefäß irgendwo etwa bey m eine Oeffnung haben muß. Auf dem oberen Gefäße, befindet ſich das ſchüſſelförmige Gefäß G H. Wird nun in dasſelbe Waſſer gegoſſen, und ſteigt dieß Waſſer über den Kopf der Schlange I hinauf, ſo fängt die He-

berwirkung an. Durch die Röhre n o p, die einen Heber vorſtellt, läuft nähmlich alles Waſſer in der Schüſſel G H in die Abtheilung des oberen Gefäßes A F und von hier durch die Röhre x y in das untere Gefäß C D ab. Und nun fängt die Heronsbrunnenwirkung an. Die Luft, die ſich über dem Waſſer in dem Gefäße C D befindet, wird durch die Röhre q r in die Abtheilung des oberen Gefäßes F B getrieben, und daſelbſt verdichtet. Dieſe verdichtete Luft drückt nun auf das Waſſer F B dergeſtalt, daß dasſelbe in die Röhre s t hinaufgetrieben und aus dem Munde des Storchs in die Schüſſel geſpieen wird. — Auf dieſe Art wird die Schüſſel von neuem gefüllt; die Schlange fängt wieder zu ſaugen an, auf die Heberwirkung folgt abermahls die Heronsbrunnenwirkung und ſo immer fort.

Der kleine Springbrunnen, den man an ein Gefäß mit Waſſer

hängt, hat eine Einrichtung, wie Fig. 33. zeigt.

„Man nimmt z. B. ein an 15 Zoll „hohes ſchmales Glas, welches bey A ver„ſchloſſen und unten bey B in einen meſſin„genen Boden eingeküttet iſt. Durch dieſen „gehen zwey enge Röhren von etwa 2½ Li„nien Weite, davon die kürzere mit ihrem „zugeſpitzten Ende an zwey Zoll über den „Boden hervorragt, die längere aber ihre „Mündung im Boden ſelbſt hat. Man kehrt „dieſes Werkzeug um und gießt in die län„gere Röhre Waſſer. Alsdann bringt man „es wieder in ſeine natürliche Lage, und „ſteckt in demſelben Augenblicke die kürzere „Röhre ins Waſſer: ſo ſpringt das Waſ„ſer in dem oberm Glaſe, und läuft zugleich „aus der längern Röhre B C beſtändig „heraus, ſo lange die kürzere noch im Waſ„ſer ſteht, weil das eingegoſſene und wie„der herausfallende Waſſer die Luft in dem „obern Glaſe etwas verdünnt, der Druck

„aber des Waſſers in der längern Röhre „größer, und in der kürzern kleiner iſt, als „der Unterſchied zwiſchen dem Drucke der „äußern, und der im obern Glaſe einge„ſchloſſenen Luft.“ *)

Der Heber, den man nicht durch Saugen, ſondern durch Einblaſen der Luft laufen macht, oder der Blaſeheber, ſieht aus, wie ihn Fig. 34. darſtellt. Blos der Theil A B C ſtellt den Heber vor. Bey A iſt ein kleines Loch, durch welches das Fluidum ſo hoch in den Heber ſteigt, als es in dem Gefäße ſteht. Bläst man nun bey D hinein, ſo treibt man das Fluidum, das ſich ſchon in dem Schenkel A B befindet, in die Höhe, es fließt bey B über, und die Heberwirkung kömmt dadurch in Gang. Man ſollte denken, durch das Loch bey A müßte alle hinein geblaſene Luft effektlos

*) Aus Hube's Unterricht in der Naturlehre, 1. Band S. 272.

herausfahren. Allein dieſe trifft zuerſt auf das Fluidum, das ſich in der Röhre E A befindet, und das Loch bey A iſt zu klein, als daß das Fluidum da ſo geſchwind heraus könnte. So muß denn das Hineinblaſen, die erwähnte Wirkung hervor bringen. — Ein ſolcher Heber iſt eben keine Spitzfindigkeit. Bey einem guten Wein hat es freylich nichts zu ſagen, wenn Einem beym Saugen ein Schluck davon in den Hals kömmt; wohl aber bey andern Fluidis z. B. nur beym heißen Waſſer. Es iſt noch eine andere Einrichtung dieſes Hebers wie Fig. 35. ſie darſtellt. Hier muß man aber nicht zu ſtark bey D hineinblaſen, weil man ſonſt doch den Mund voll bekömmt.

Auf die Theorie des Hebers gründet ſich der ſogenannte fons genuinae fraternitatis. Wird aus der hohlen Glaskugel A (Fig. 36.) und den drey angeſchmolzenen Röhren B C D, die Luft durch Erwärmung herausgetrieben, und ſtellt man dann

dieſelben in drey ungleich gefüllte Weingläſer: ſo dringt der Wein durch dieſelbe ſo lange in die Kugel hinauf und zurück bis er in allen Gläſern gleich hoch zu ſtehen kommt. Man könnte dieſen fons beſſer justitiam distributivam nennen, weil er gewöhnlich das beſte für ſich behält, beſonders wenn die Kugel groß iſt, und das Fluidum in den Gläſern ſehr ungleich ſteht. — Um ein Fluidum in zwey Gläſern auf eine ähnliche Art zu vertheilen, hat man eine Art von Veſtaliſchem Sieb. Oben bey A (Fig. 37.) hält man den Finger drauf; die untern Oeffnungen B und C ſind wie beym Sieb durchlöchert.

Zu den Anwendungen *), welche die Natur von den Geſetzen des Hebers macht,

---

*) Eine ſehr ſinnreiche Anwendung des Hebers im Großen, findet man beym Canal von Languedoc. „Er läuft an einigen Stellen am Abhange von Gebirgen fort, und muß daher alles von dieſen Bergen

gehören wohl die Erſcheinungen am Eichner-See im Badenſchen, und am Cirknitzer-See im Krainſchen, die bekannt-

---

abfließende Waſſer aufnehmen. Um den Schaden zu vermeiden, den das Ueberſtrömen verurſachen würde, hatte man anfangs Abzugsröſchen angebracht, die durch dazu beſtimmte Menſchen geöffnet wurden, wenn das Waſſer im Canal eine gewiſſe Höhe erreicht hatte; allein es zeigte ſich bald, daß hiebey auf die Aufmerkſamkeit ſolcher Menſchen nicht zu rechnen ſey. Man entſchloß ſich daher, große gemauerte Heber (Siphones) anzubringen, deren höchſter Punkt ſich im Niveau des höchſten Standes, den das Waſſer im Canal erreichen ſollte befand, und deren kurzer Schenkel bis auf den Boden des Canals, der längere am Abhange des Gebirges herabging. Dieſe Heber würden, ſo bald ſie ſich einmahl gefüllt hätten, nicht eher zu fließen aufhören, als bis der ganze Canal ausgeleert wäre, hätte man nicht die Vorſicht gebraucht, im kürzeren Schenkel, im Niveau der gewöhnlichen Waſſerhöhe, eine Oeffnung anzubringen. So bald daher die Heber das Waſſer ſo weit abgeführt ha-

lich bey ſtarkem Regenwetter ganz trocken werden. Sie ſtellen den Vexierbecher im Großen vor. Man muß nur nicht immer an gegoſſene oder gedrechſelte Röhren denken; ſo wie man ja auch beym Sand und beym Löſchpapier an keine künſtlich verfertigten Haarröhrchen denken darf. — Es ſtelle A B (Fig. 38.) den See und C D E einen daran befindlichen Canal vor. Steht nun das Waſſer im See, bey trockener Witterung bis F, ſo ſteht es im Canal bis G und es kann kein Abfluß des Waſſers erfolgen. Aber bey ſtarken Regengüſſen ſteigt das Waſſer im See bis H, folglich auch über den Rücken des Canals D, und nun beginnt die Heberwirkung und das Waſſer fließt ganz ab. — Solcher Canäle kann es natürlich mehrere geben.

---

ben, daß es bis zu dieſer Höhe herabgeſunken iſt, ſchlüpft zu dieſer Oeffnung Luft hinein; und im Augenblicke hört die Wirkung des Hebers auf." Gilberts Annalen XIX Band 1. St. p. 141.

§. 254.

Gränze der Heberwirkung.

Es wollte einmahl Jemand in Göttingen — der obige Hollmann — behaupten, daß man das Waſſer von Hebertshauſen über den Hainberg, welcher 500 Fuß hoch iſt, nach Göttingen, in einer Heberröhre per aliqualem cohaesionem bringen könne. — Darüber iſt nun kein Wort mehr zu verlieren.

Eben ſo wenig kann man dem Waſſer durch den Heber einen höhern Fall geben, als es von Natur hat. Es ſey z. B. A (Fig. 39.) ein Berg, B ein Thal oder eine Ebene, wo man einen Springbrunnen haben wollte, zu welchem der Teich C das Waſſer hergeben ſollte. Der Fall deſſelben wird durch den Heber D nicht verſtärkt; denn das Waſſer fängt erſt bey E zu fallen an; D E kömmt in keinen Betracht.

Wäre die Oeffnung bey E, ſo würde gar nichts heraus fließen, weil die Oeffnung ſo hoch wäre, als der Teich. Die Höhe bleibt immer E B.

§. 255.

Heberwirkung im luftleeren Raum.

Der Apparat zu dem Verſuche mit dem Heber im luftleeren Raum, hat folgende Einrichtung. Die Hauptſache iſt das Glas A, (Fig. 40.) welches mit Waſſer gefüllet iſt. Durch daſſelbe geht der Heber B in das Gefäß C. D und E ſind Barometer, jenes ein Waſſerbarometer, dieſes ein Queckſilberbarometer. So wird die ganze Geſchichte unter die Glocke F gebracht. Iſt nun die Luft tüchtig ausgepumpt: ſo ſchiebt man den Stöpſel G in das Glas A hinunter, ſo daß alſo das Waſſer über den Rücken des Hebers B treten muß. Nun

ſollte es alſo ganz auslaufen, wie in der freyen Luft geſchieht. Aber das geſchieht nicht, und geſchieht nie, wenn der Verſuch gehörig angeſtellt wird, d. h. die Luftpumpe gut, und der Heber nicht zu eng iſt.

Das Barometer und Manometer.

§. 256.

Begriff vom Barometer.

Das Wort Barometer kömmt bekanntlich von βαρος die Schwere und μετρον das Maaß her, und bedeutet alſo einen Schweremeſſer, nähmlich der Luft, welches Wort man ſich hinzu denken muß, ſo wie bey Thermometer, Hygrometer u. ſ. w. — Allein das Barometer mißt nicht nur die Dichtigkeit der Luft, ſondern auch ihre Elaſticität; folglich iſt es eigentlich ein Luftdruckmeſſer, weil der Druck der Luft ſowohl von ihrer Dichtigkeit, als Ela-

ſticität herrührt, und man würde es alſo am beſten Elaterometer nennen.

Man hat dieſem herrlichen und präciſen Inſtrumente auch den einfältigen Nahmen: Wetterglas gegeben, und noch dazu oben die abſcheulichen Zettel beygefügt. Schade, daß man dieſelben nicht etwas länger macht und auch den jüngſten Tag darauf anbringt, den die Barometer ſo gut, als das Wetter angeben könnten! Indeß kann man doch über das letztere folgendes merken. Wenn das Barometer hoch ſteht und es heiß iſt, ſo kann man ſicher ſchließen, daß es nicht eher ſchlecht Wetter werden wird, als bis es fällt, und umgekehrt, wenn es gefallen iſt und regnet, ſo wird es nicht eher ſchön, als bis es ſteigt. Ferner iſt es auch eine ſichere Regel: Wenn das Barometer auf der See fällt, ſo entſteht ein Sturm. — Uebrigens haben auch die Winde großen Einfluß auf das Barometer.

Die erſte Urſache des Steigens und Fallens des Queckſilbers im Barometer iſt eines der ſchwerſten Probleme in der ganzen Phyſik. Man hat auf 16 bis 17 Hypotheſen. Herr Delüc hat die 18te angegeben, aber am Ende wieder zurückgenommen. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß hier von der an der Wand ſtille hängenden Queckſilberröhre die Rede ſey. Denn freylich, wenn man das Barometer auf den Hainberg bringt, und oben das Queckſilber um 6 Linien fällt: ſo kann man ſich dieß Fallen leicht erklären. Eine vorzügliche Schwierigkeit bey der Erklärung, macht der Umſtand: daß das Barometer zwiſchen den Tropicis z. B. zu Pondichery — wo es, betreffend das Wetterglas, doch auch regnet, ganz ſtille ſteht; hingegen je näher man zu den Polen kömmt, es deſto mehr ſteige und falle. In Göttingen beträgt der Spielraum des Steigens und Fallens, das Jahr hindurch 2 Zoll. —

Doch dieß alles gehört nicht hieher, ſondern in die Meteorologie.

§. 257. 258.

Höhemeſſung des Queckſilbers im Barometer.

Es ſey Fig. 41. ein Barometer, in der Röhre desſelben ſtehe das Queckſilber bey 28 und in dem Gefäße bis o: ſo darf und kann man nirgends als bey o zu zählen anfangen. Was unter o ſich von Queckſilber in dem Gefäße befindet, wird natürlich nicht von dem Drucke der Luft erhalten.

Allein hier ſieht man gleich, wie unrichtig der Maaßſtab ſeyn müſſe, der bey den gewöhnlichen Barometern oben angebracht iſt. Der Punkt von welchem an, jederzeit gemeſſen werden muß, iſt ja immer veränderlich. Es ſoll nähmlich das Queckſilber in der Röhre um $\frac{1}{2}$ Zoll ſteigen, alſo auf $28\frac{1}{2}$ ſtehen: ſo muß es natürlich

in der Büchſe ſinken und die Nulle wird alſo verändert und etwa bis m herabgebracht werden. Folglich beträgt jetzt die Barometerhöhe mehr als 28½ Zoll, und die Höhe des Queckſilbers wird jetzt alſo zu groß angegeben. — Umgekehrt, fällt das Queckſilber in der Röhre um ½ Zoll, ſteht es alſo auf 27½: ſo muß es in der Büchſe ſteigen, und die Null wird wieder verändert und etwa bis n hinaufgebracht werden. Folglich beträgt jetzt die Barometerhöhe weniger als 27½ Zoll, und die Höhe des Queckſilbers wird jetzt alſo zu klein angegeben. Die letzte Periode §. 258 bey Erxleben iſt Vielen unverſtändlich. Man denkt nähmlich bey den Worten: „bey dem Fallen desſelben“ und „bey dem Steigen“, an das Fallen und Steigen des Queckſilbers in der Röhre. Aber dieß wird nicht gemeint, ſondern vielmehr das Steigen und Fallen des dorti-

gen C, oder des Queckſilbers in der Büchſe.

§. 259.

Delücſches Barometer.

Man hat dem eben erwähnten Uebel der Kapſelbarometer dadurch abzuhelfen geſucht, daß man die Büchſe oder Kapſel recht groß machte; und für das gemeine Leben iſt dieſe Abhülfe auch hinreichend genug. Allein bey ſubtilen Verſuchen, z. B. bey Höhemeſſungen der Berge, iſt ſie doch nicht hinlänglich. Man hat daher den Heberbarometern den Vorzug gegeben. Und unter dieſen verdient unter allen das Delücſche den gröſten Beyfall und die gröſte Aufmerkſamkeit.

Fig. 42. ſtellt dasſelbe vor. Es beſteht aus einer gekrümmten, oben verſchloſſenen, unten offenen Röhre, die auf einem Brette befeſtiget wird. Die Röhre iſt in ihrer per-

pendikulären Höhe ungefähr 34 Pariſer Zoll lang, und mit einer doppelten Scale verſehen. Das Null kann wo immerhin geſetzt werden, ſo wenig dieß auch einige Leute begreifen können. Delüc ſtellte es gewöhnlich an den ſiebenten Zoll von unten hinauf; zählt von da an 22 Zoll aufwärts am längern Schenkel und 7 Zoll abwärts am niedern Schenkel. Die Zolle ſind in Linien, und dieſe mit rothen Strichen in Viertel getheilt, welche das Auge leicht noch einmahl in Viertel theilen, und ſo alſo Sechzehntheile der Pariſer Linie unterſcheiden kann. Die Angaben beyder Scalen werden addirt. Steht z. B. wie in der Figur, B bey 22, C bey 6 Zoll, ſo iſt die ganze Höhe von B über C, alſo die eigentliche Barometerhöhe = 28 Zoll. Fiele B z. B. auf einem Berge auf 18 Zoll herab, ſo müßte es in C auf 2 Zoll ſteigen, und die Barometerhöhe wäre dann = 20 Zoll.

Die Vorzüge dieſes Barometers beſtehen:

1. In der größten Präciſion, welche nur immer einem Inſtrumente gegeben werden kann. Der vorhin erwähnte Fehler der Kapſelbarometer wird dadurch gänzlich gehoben. Zu dem Ende ſind die beyden Schenkel der Röhre, auf das genaueſte gleich calibrirt.

2. In der leichten Transportabilität. Wie Herr De lüc den Harz bereiſte, ſchnallte er ein ſolches Barometer an das Pferd ſeines Kerls, und es wurde nicht im mindeſten etwas daran beſchädiget.

3. In der verhältnißmäßigen Wohlfeilheit. Man kann das beſte für 3 Louisd'or haben. Das, welches Lichtenberg beſaß, wurde von Schröder verfertiget. —

Die einzige Unbequemlichkeit bey dieſem Barometer iſt die doppelte Operation des Zählens. Aber für ſo viele Vorzüge

kann man ſich wohl dieſe Unbequemlichkeit gefallen laſſen.

§. 260. 261.

Verſuche, die Barometer empfindlicher zu machen.

Weil der Unterſchied des Steigens und Fallens des Barometers, nur zwey Zolle beträgt: ſo hat man lange vor Delüc die Barometer auf verſchiedene Weiſe empfindlicher zu machen geſucht. Hieher gehört zuvörderſt, das Morlandſche Barometer, woran der obere Theil der Röhre in einem ſchiefen Winkel gebogen iſt. Fällt oder ſteigt das Queckſilber: ſo muß es in dieſer ſchiefen Röhre einen beträchtlichen Raum zurücklegen und dadurch die Grade bemerklich groß angeben.

Hooks Radbarometer könnte auf einem Stadtthurm für die Wäſcherinnen angebracht werden. Auf dem Queckſil-

der ſchwimmt ein Gewichtchen, welches an einem über einer Rolle geführten Faden, von einem am andern Ende desſelben hangenden Gewichte beynahe im Gleichgewichte erhalten wird. An der Achſe der Rolle iſt ein Zeiger befeſtiget. Je nachdem nun das Queckſilber ſteigt oder fällt, ſteigt oder fällt auch das darauf ſchwimmende Gewichtchen. Dadurch kommt nun die Rolle in Bewegung und mit derſelben der Zeiger, und ſo wird auf einem in Grade getheilten Kreiſe das Steigen und Fallen des Queckſilbers angezeigt. — Lichtenberg ſah ein ähnliches Barometer in dem Zimmer des Königs von England mit aller Pracht angebracht. Vom Barometer war gar nichts zu ſehen. Nur in der Tapete war ein Bogen ausgeſchnitten, ſo wie beym Calendario perpetuo. Doch war es eigentlich kein Hookſches Radbarometer.

Die ſinnreichſte Empfindlichkeit hat Amontons vorgeſchlagen. Hier iſt gar kei-

ne Büchſe, und es iſt in der Haushaltung gar ſehr zu empfehlen. Zu Höhemeſſungen der Berge taugt es freylich nicht. Die Röhre iſt nicht cylindriſch, ſondern koniſch. Wäre ſie cylindriſch, ſo würde das Queckſilber bey ſteigendem Barometer bis oben an ſteigen und dann ſtehen bleiben, und bey ſehr fallendem Barometer würde unten etwas davon herausfallen. Wie nun dieſem allen durch die Kegelförmigkeit abgeholfen wird, ſieht man leicht. — So bald die Röhre gefüllt iſt, ſucht ſich die Säule die Stelle von 28 Zoll ſelbſt. Soll es nur um einen Zoll ſteigen, ſo wird die Anzeige ſehr präcis, weil nur das Queckſilber in der dünnern Röhre ſo ſehr ſeine Lage verändert. Man denke ſich nur ein ſolches Barometer, ſo hoch wie der Jakobithurm, was würde das für eine Präciſion geben! — Für das Herausfallen des Queckſilbers iſt doch niemanden bange? Auf der See iſt dieß Barometer von unendlichem Nutzen und Gebrauch,

weil man ſich da, wegen des vielen Schankelns, mit den Büchſen nicht gut abgeben kann. Deßwegen heißt es auch das Meerbarometer. — Es iſt ſchon oben erinnert worden, daß, wenn das Queckſilber auf der See ſchnell fällt, immer ein Sturm erfolgt: und daraus wird man um ſo mehr die Nützlichkeit eines recht empfindlichen Barometers auf derſelben einſehen.

Das Johann Bernoulliſche ſogenannte rechtwinklichte Barometer, das oben mit einem cylindriſchen Gefäße verſehen iſt, in welchem das Queckſilber ſteigt und fällt, unten aber, anſtatt ein Gefäß zu haben, ſich in eine enge horinzontale Röhre endigt — hat zwar groſe Empfindlichkeit. Denn wäre z. B. der Kolben oben zehn Mahl größer, ſo würde dieß unten eine zehn Mahl größere Diſtanz geben. Aber zu präciſen Verſuchen taugt es gar nicht. Die untere horizontale Röhre muß nähmlich ſehr enge ſeyn, damit das Queckſilber in derſelben

nicht aus einander laufe. Aber eben dieß verhindert auch, daß es daſelbſt nicht recht nachkommen kann, wenn es oben in dem Kolben ſteigt oder fällt.

Huygens hat das Barometer auf folgende Weiſe empfindlicher zu machen geſucht. An den beyden Enden einer heberförmig gebogenen Röhre — weßwegen dieſes Barometer den Nahmen eines Doppelbarometers erhalten hat — ſind zwey gleich große Gefäße angeſchmolzen. So wie das Queckſilber in dem einen ſteigt oder fällt, ſteigt oder fällt es auch in dem andern. Ueber dem letztern befindet ſich nun noch eine enge oben offene Röhre, und in dieſe wird Spiritus Vini gegoſſen, der alſo bis auf die Oberfläche des Queckſilbers in dem Gefäße zu ſtehen kommt. Wird daher aus dieſem Gefäße ein Zoll Spiritus Vini herausgejagt: ſo nimmt er in der engern Röhre einen viel größern Raum ein. — Indeß auch dieſe Einrichtung taugt

nichts. Der Spiritus Vini verdampft und die Röhre muß doch offen bleiben.

Man hat Barometer, die nicht 28 Zoll hoch ſind; aber natürlich ſind ſie breiter. Sie beſtehen aus verſchiedenen mit einander zuſammengefügten Röhren, die wechſelweiſe mit Queckſilber und mit Spiritus Vini gefüllt ſind. Auf dieſen Einfall iſt Fahrenheit gerathen, und daher heißt ein ſolches Barometer ein Fahrenheitſches. Man ſollte es lieber das abgekürzte Amontonsſche Barometer nennen, weil Amontons lange vor Fahrenheit dieſelbe Einrichtung angegeben hat.

Von allen dieſen Verſuchen, die Barometer empfindlicher zu machen, urtheilte Lichtenberg, daß ſie entweder die ſtarken Veränderungen des Barometers vergrößern — welches nicht nöthig iſt, und die kleinen, die man gerade nöthig hätte, gar nicht anzeigen, oder daß ſie beyde gänzlich verſtellen.

Das koſtbarſte und prächtigſte Barometer, das Lichtenberg je geſehen, und das vielleicht je gemacht wurde, war das zu London in Coxes (eines berühmten reichen Künſtlers und Juwelenhändlers) Muſeum. Lichtenberg hat damahls — im Jahr 1775, dem Hofrath Käſtner eine Nachricht nach Göttingen geſchickt, und dieſer ließ dieſelbe in die Göttingiſchen Anzeigen von gelehrten Sachen (Jahrg. 1775, St. 95.) einrücken. — Das Cabinet war in einem großen Saal aufgeſtellt, der vorher ein Tanzſaal war. In der Mitte ſtund ein Tempel, der auf ſechs korinthiſchen Säulen ruhte — deren Stamm von braunen Holz und oben die Verzierung und das Laubwerk mit Elfenbein ausgelegt war. In der Mittt dieſes Tempels hing nun das Barometer, das 300 Pfund Queckſilber enthielt. So wohl die gläſerne Schüſſel, in welcher ſich dasſelbe befand, als die große dicke Röhre, in welcher es ſtieg und fiel, waren an Ketten

gehängt. Fiel das Barometer, ſo vermehrte ſich das Queckſilber in der Schüſſel, und ſie ſank ſammt den Ketten, an welchen ſie hing. Stieg hingegen das Barometer, ſo wurde die Röhre ſchwerer und nun ſank dieſe mit den Ketten, an welchen ſie hing, und die Schüſſel ſtieg mit ihren Ketten. — Durch dieſes Steigen und Sinken der Ketten wurde eine, oben am Tempel angebrachte Uhr, durch einen künſtlichen Mechanismus von ſelbſt aufgezogen, ohne daß ſich Jemand darum bekümmern durfte. Man nannte deßwegen dieſe Uhr ein Perpetuum mobile.

Außerdem — um dieß im Vorbeygehen anzuführen, zeichnete ſich in dieſem berühmten Cabinet noch folgendes aus. Erſtens, ein aus Metall gearbeiteter, ſtark im Feuer vergoldeter Elephant, mit einem durch lauter Ringe und Räder zuſammengeſetzten Rüſſel, mit welchem er durch bloßen Mechanismus, Aepfel und andere Dinge aufhob. Zweytens: Bäume, auf welchen

Schlangen herumkrochen, und Brillanten wie ein Kopf groß hingen. Ferner, ein großer, aus Silber gearbeiteter Schwan, an dem man von Ferne durch den matten Silberglanz und Falten, die Federn ruhen und ſich ſträuben ſah. Auch in der Nähe mußte man die feine Federarbeit bewundern. Durch einen bloßen Mechanismus ſchlug er mit ſeinem Schnabel den Takt zu einer Muſik, die auch mechaniſch war, drehte ſeinen Hals auf und nieder, wandte ſich gegen einen Spiegel, der vor ihm ſtand, und zog ſich über ſein eigenes Bild erſtaunt ſchnell zurück. Endlich das Bild des Königs und der Königinn. Jedes Bild hatte eine Strahlenglorie um ſich, und jeder Strahl beſtand aus einem fein gewundenen Glasröhrchen, deren längſtes etwa 4 Fuß lang war. Alle dieſe Strahlen drehten ſich durch einen eigenen Mechanismus um ihre Achſe, und da hinter den Bildern, bald ein rothes, bald ein gelbes, bald

ein grünes Licht angebracht war: ſo wurde dieß mannigfaltige Licht, von den ſich umdrehenden Glasſtrahlen aufgefangen, und herrlich refraktirt. Da die Strahlen ſchraubenmäßig gewunden waren: ſo wallte an jedem Strahle das Licht allmählig immer harmoniſch höher, ſo wie er ſich drehte. Das war ein rechter Bauern-Himmel! Man glaubte in ein Zimmer zu kommen, wie ſie in Tauſend und einer Nacht beſchrieben werden. — Uebrigens ließ Coxe dieſe Kunſtwerke für Oſtindiſche Nabobs verfertigen. Allein ſie blieben ihm zurück. Und da erhielt er die Erlaubniß eine Lotterie darüber anzukündigen, und ſie vorher zur Schau auszuſtellen. Die Entree betrug 5 Schilling. Alles war zwar im chineſiſchen Geſchmacke, aber mit enormer europäiſcher Kunſt gearbeitet.

Ein Baromergraph iſt ein Barometer, der ſeine Veränderungen zugleich ſelbſt aufzeichnet, und, darnach man ihn ein-

richtet, Monathe oder Jahre lang ſein Regiſter darüber führt. Es iſt um ſolche Barometergraphen eine gar gute Sache. Es können ſich nähmlich z. B. um Mitternacht große Veränderungen am Barometer zutragen, die Niemand beobachtet. Lichtenberg hat ein ſolches Barometergraph zu London im Zimmer des Königs geſehen, das ungefähr folgende Einrichtung hatte. Auf eines Heberbarometers Queckſilber A (Fig. 43.) ruht das Stift B, eben ſo wie bey dem Hookſchen Radbarometer das Gewichtchen. Der Stift iſt an einigen Stellen in Ringe eingeklappt, damit er nicht hin und her wackeln kann. An der Spitze dieſes Stifts bey C iſt ein Bleyſtift horizontal angebracht, das die Verſchiedenheiten des Barometers anzeigen würde, wenn man das Barometer in einer gleichförmigen horizontalen Richtung längſt der Wand, hin uud her führen würde; denn fiele das Barometer, ſo würde das Bleyſtift höher, und ſtie-

ge es, ſo würde es tiefer anſchreiben. — Anſtatt nun das Barometer hin und her zu führen, iſt folgender Mechanismus angebracht. Es iſt mit einem Uhrwerke ein Rad verbunden, welches eine Scheibe, deren Centrum E iſt, mit ſich herumführt. Nachdem nun das Barometerregiſter länger oder kürzer in einem fort geführt werden ſoll, bekömmt das Rad die Einrichtung, daß es ſich in einem Monath oder in einem Jahr ein Mahl herumdreht. Dieſe Scheibe dient nun dem Barometerſtift zur Wand, an welcher es ſeine Veränderung, wie z. B. bey f aufzeichnet. Theilt man die Scheibe in 12 Theile ein, und dreht ſich dieſelbe in einem Jahr herum, ſo kann man den Barometerſtand in jedem Monath vergleichen. — Das Stift iſt nicht das ſchicklichſte Inſtrument zum Aufzeichnen. Es kann ſtumpf werden, oder zuweilen gar nicht ſchreiben. Deßwegen hat Changeux eine Art von Hämmerchen angebracht, das jede Sekunde

auf eine Nadel ſchlägt, welche ſo auf der Scheibe Löcher macht, nach welchen man denn hernach leicht eine Linie ziehen kann. — Man kann das nähmliche Papier auch im zweyten Jahre auf der Scheibe laſſen, und darf nur ein anderes Bleyſtift anbringen, oder die Linie mit einer andern Farbe ziehen: ſo kann man aus den Gränzen, wo ſich die verſchiedenen Farben kreuzen, den Barometerſtand beyder Jahre ſchön vergleichen. — Man ſieht alſo, was es für ein herrliches Ding um ſo ein Barometergraph iſt! Man kann eine Menge von Beobachtungen durch mehrere Jahre leicht vergleichen, und ſo vielleicht auf Geſetze der Barometerveränderungen kommen. Siehe darüber Gothaiſches Magazin, I. Th. S. 105.

§. 262.

Verfertigung der Barometer.

Die Anweiſung dazu gehört nicht in die Phyſik. — Bey den gewöhnlichen Ba-

rometern iſt freylich nicht viel an der genauen Calibrirung der Röhre gelegen; wohl aber bey dem Delücſchen, bey welchem alles in allen darauf ankömmt.

§. 263.

Mano= oder Dasymeter

Iſt ja mit dem Barometer nicht einerley. Was das Manometer zeigt, kann kein Barometer zeigen. Er zeigt nähmlich, wie, und um wie viel die Luft verdichtet worden iſt.

Das Varignonſche Manometer taugt gar nichts. Würde ſich z. B. unſere Atmosphäre in inflammable Luft, die ſich in Anſehung der Dichtigkeit zur gemeinen, wie 1 : 15. verhält, verwandeln, aber ihr Gewicht, in Summa nähmlich beybehalten: dieſes Manometer würde völlig ſtehen bleiben, und nicht die geringſte Veränderung angeben.

Das beſte Manometer bleibt noch immer das Guerickiſche. Man bediente ſich dazu, der ſo äußerſt empfindlichen Ramsdenſchen Waage. (Siehe 1tes Bändch. S. 181.) An dem einen Ende des Waagbalkens hängt eine große Glaskugel, an dem andern ein ſo kleines Gegengewicht als möglich, alſo von Bley. Dieß verliert ſo viel von ſeinem Gewichte, als die Luft wiegt, welche ſie aus der Stelle treibt, u. ſ. w.

Von der Gerſtnerſchen Luftwaage wurde das Buch nebſt dem Kupfer herumgegeben. — Gruber hat auch ein ſehr ſchönes Manometer angegeben. Siehe darüber Grens älteres Journal IV. Seite 754. *)

---

*) Von dem Krampſchen Manometer, das in dem gewöhnlichen Nicholſonſchen Aräometer beſteht, auf den Fall angewendet, wo der Körper, deſſen ſpecifiſches Gewicht unterſucht werden ſoll, die äußere Luft iſt, konnte bis zum Jahr 1796 noch

Mit dem Manometer kann man auch ſehr gut die Höhen der Berge meſſen.

Vom Schalle.

Wieder ein Abſchnitt, der nicht ganz am rechten Orte ſteht. *)

---

nicht die Rede ſeyn, eben ſo wenig, als vom Sauſſüre - Berthollet ſchen, das zugleich die Veränderungen in der Elaſticität und in der Zuſammenſetzung einer gegebenen Luftmenge zeigt. Siehe über das erſtere Hindenburgs Archiv der reinen und angewandten Mathematik, 2 Bde, 8tes und 10tes Heft; und über das letztere Gilberts Annalen, B. 27, p. 121.

*) Chladni ſagt: „Es ſollte nähmlich die Klanglehre nicht, wie gewöhnlich, bey der Lehre von der Luft abgehandelt werden; denn jeder andere elaſtiſche Körper kann ebenfalls klingen, oder einen Klang fortleiten; es würde alſo ſchicklicher ſeyn, ſie bey der Lehre von der Elaſticität, oder von den Pendelſchwingungen, oder bey der Lehre

Er gehört nur in ſo ferne in das Kapitel von der Luft, in wieferne dieſe, theils ſelbſt ein ſchallender Körper, theils ein ſo vorzüglich ſchallfortpflanzender Körper iſt.

§. 264.

Begriff vom Schalle.

Wenn man zwey Körper an einander ſchlägt, ſo gerathen ſie dadurch in eine gewiſſe zitternde oder ſchwingende Bewegung. Dieſe Bewegung veranlaßt in unſerm Gehörorgan eine Empfindung, und dieſe Empfindung nennt man den Schall. Die zitternde Bewegung bemerkt man am beſten,

von der Bewegung überhaupt, vorzutragen, indem jede mögliche Bewegung entweder fortſchreitend, oder drehend, oder ſchwingend (motus progressivus, rotatorius, vibratorius) iſt, unter welche letztere Art der Bewegung jeder Schall und Klang gehört." Hindenburg Archiv. 1tes Heft, 1794. Seite 125.

z. B. bey einer mit Waſſer gefüllten Schale, an welche man ſchlägt; bey einer an einem Ende befeſtigten Stahlfeder, deren anderes Ende man zur Seite legt, und wieder los läßt; bey einer geſpannten Saite, die man in der Mitte angreift, und loslaſſend — in die Höhe zieht.

Schall, das Genus von allem, iſt alſo jede hörbare Bewegung zweyer Gegenſtände gegen einander. — Dieſe Bewegung kann entweder unregelmäßig oder regelmäßig ſeyn. Jene nennt man ein Geräuſch (Getöſe, Gemurmel, u. ſ. w.) Dieſe aber, bey welcher immer in gleichen Zeiten gleich viele Schwingungen erfolgen, einen Klang.

Geräuſch iſt alſo jede Art von Schall, der durch unregelmäßige Erſchütterung entſteht; Klang hingegen iſt derjenige Schall, der durch regelmäßige Erſchütterung hervorgebracht wird. — Ton iſt Klang in Rückſicht auf Höhe und Tiefe, alſo in Abſicht auf Spannung.

Da das Weſen des Schalles in einer hörbaren Bewegung zweyer Gegenſtände gegen einander beſteht, ſo ergiebt ſich daraus von ſelbſt, daß er nur unter folgenden Bedingungen möglich ſey:

1tens, daß zwey Körper gegen einander beweget werden, und daß

2tens, dieſe Bewegung auf irgend eine Art bis zu unſerm Ohr fortgepflanzt werde.

§. 265.

Fortpflanzungsmittel des Schalles.

Daß die Luft, da ſie ein ſo äußerſt elaſtiſcher Körper iſt, ein ganz vorzügliches Fortpflanzungsmittel des Schalles ſey, iſt wohl über allen Zweifel gewiß. Aber nur muß man nicht glauben, daß ſie das einzige Fortpflanzungsmittel desſelben ſey, und daher das Weſen des Schalles nicht ſchlecht-

weg, wie Erxleben thut, in der Bewegung der Luft ſuchen.

Nahmentlich pflanzt das Waſſer den Schall außerordentlich fort. Franklin ließ eine engliſche Meile = 5280 engliſche Fuß, lang, unter der See Kieſel zuſammenſchlagen, und hörte den Schall ſehr nahe. Man braucht ja nicht den Kopf unter das Waſſer zu ſtecken, ſondern kann Inſtrumente dazu brauchen. — So pflanzt auch das Holz den Schall fort. Wenn man mit einer Nadel an einen Maſtbaum kratzt, und das Ohr an die entgegengeſetzte Seite hält: ſo hört man den Schall. Hier kann doch wohl nicht die Luft die Urſache davon ſeyn. — Eben ſo iſt auch das Eis ein vortreffliches Fortpflanzungsmittel des Schalls. Es ging einmahl Jemand auf der Newa bey Petersburg auf dem Eiſe ſpazieren. In Kronſtadt wurden Kanonen gelöſt. Er hörte dieß vermittelſt des Eiſes, zuerſt in einem wilden, ziſchenden Getöſe. Später erſt kam

der ordentliche Schall durch die Luft nach. Hätte man nun die Kanone können abfeuern ſehen: ſo hätte man recht ſchön berechnen können, um wie viel der Schall durch das Eis ſchneller fortgepflanzt wurde, als durch die Luft. — Die Nachricht hievon findet ſich im 3ten Bande der Edinburger Transactions, unter dem Titel: Guthrie's Abhandlung über das Klima von Rußland.

Franklin glaubt ſogar, daß der Schall auch im luftleeren Raume fortgepflanzt werden könne. „Der Verſuch unter der Luftpumpe — ſagt er — beweiſt nichts. Ihr wißt ja nicht, ob darinnen kein Schall war; ihr habt ihn nur nicht gehört. Vorhin drückte oben und unten die Atmoſphäre die Luft. Jetzt fällt das weg. Es iſt gerade ſo, als wenn man eine Glocke mit der Hand anfaßt. Wenn man die Luft ſtark verdichtet, ſo ſchallt es ja eben ſo wenig. Hier ſollte es doch ſtärker ſchallen; allein

gerade umgekehrt.“ — Man hat dieſem Einwurf — über welchen man ja nicht ſpotten muß — mühſam vorzubeugen geſucht, und deßhalb einen eigenen Apparat für die Luftpumpe erfunden, um ihn zu widerlegen. Aus der großen Glocke A (Fig. 41.) wird die Luft weggenommeu; in der kleinen B befindet ſich Luft, und ein metallenes Glöckchen C, das vermittelſt des Stiftes D, in Bewegung geſetzt werden kann.

Man hört nichts von einem Schall. — Allein Franklin antwortete: Dieß hebt meinen Einwurf gar nicht; die Sache iſt ja noch immer wie vorhin; die Glocken ſind noch immer genirt.

§. 266.

Schallende Körper.

Die Körper, welche durch ihre Bewegung gegen einander Schall erregen, wer-

den ſchallende Körper genannt. Die Luft, als ein ſo ausnehmend elaſtiſcher Körper, behauptet auch unter dieſen einen vorzüglichen Rang. Aber da alle Körper Elaſticität, mehr oder weniger beſitzen, ſo ſind auch alle, mehr oder weniger ſchallende Körper.

§. 267.

Wie die zitternde Bewegung der Körper zu unſerm Ohr gelangt.

Um die Fortpflanzung der zitternden Bewegung eines ſchallenden Körpers durch die Luft zu erklären, nimmt man an, daß durch die Schwingungen desſelben die umgebenden Lufttheilchen u. ſ. w. abwechſelnd zuſammengedrückt werden, und ſich vermöge ihrer Elaſticität wieder ausdehnen; bis ſie endlich unſer Ohr erreichen. — Uebrigens findet dieß nach allen Seiten und

Richtungen Statt, ſo, daß man ſich den ſchallenden Körper immer in einem Mittelpunkte denken muß, von welchem aus, der Schall ſich in eine Kugel verbreitet. — Da eine Bewegung, wie die beym abwechſelnden Zuſammendrücken und Ausdehnen der Lufttheilchen, eine wellenförmige heißt: ſo werden die Lufttheilchen, wo ſie immer am dichteſten ſind, Schallwellen genannt, deren Aehnlichkeit mit den Waſſerwellen man übrigens nicht ſehr urgiren muß. — Wie die übrigen Körper den Schall fortpflanzen, weiß man nicht.

Die Bewegung des ſchallenden Körpers beſteht nicht in einem Zittern der kleinſten Theilchen desſelben. Dieſe Entdeckung verdankt man Herrn Chladni. Er hat auf das deutlichſte bewieſen, daß nicht nur bey klingenden Saiten, ſondern auch bey klingenden Ringen, Glocken und Stäben, während ihres Klanges gewiſſe Stellen dieſer

Körper ganz unbewegt bleiben, und daß um dieſe herum die übrigen Theile ſo oscilliren oder ſchwingen, daß dieſe Schwingungen auf beyden Seiten der feſten Stellen oder Schwingungsknoten nach entgegengeſetzter Richtung gehen. — Wenn man alſo eine Glocke anſchlägt, muß man ja nicht glauben, daß der ganze Cirkel ſchwinge; es ſchwingen nur gewiſſe Stellen. — Chladni hat auch gezeigt, wie man die Schwingungsknoten ſichtbar machen kann. Es wird auf lange Glasplatten feiner Sand geſtreuet, und dann werden die Platten mit einem Violinbogen, nach gewiſſen Regeln, beſtrichen. — Wenn man mit einem ſolchen Bogen ein mit Glas gefülltes Waſſer nach gewiſſen Regeln beſtreicht, kann man nicht nur am beſten die zitternde Bewegung des Glaſes am Waſſer ſehen, ſondern ſich auch von den Schwingungsknoten, bey einem ſchallenden Glaſe, Glocke, u. ſ. w. überzeugen.

Aus Chladnis Verſuchen widerlegen ſich auch am beſten die Beweiſe, welche man für die zitternde Bewegung der kleinſten Theilchen gibt. Man ſagt z. B. wenn man eine Zange aufſchlägt, ſo ſieht man die Schwingung, hört aber nichts; hält man hingegen etwas daran, ſo hört man gleich den Schall. — Allein jetzt entſtehen ja viel ſchnellere Schwingungen, da die Schwingungsknoten durch dieſe Berührung verändert, und dadurch die ſchwingenden Theile verkürzt werden.

Ueberhaupt iſt Chladnis Buch: „Entdeckungen über die Theorie des Klanges, Leipzig 1787, 4.“ ein Meiſterſtück, und verdiente beſſer bekannt zu werden. *) Hätte

*) Ein neueres Werk von eben dem Verfaſſer iſt: Die Akuſtik, bearbeitet von E. Fl. Fr. Chladni, der Philoſophie und Rechte Doktor, Leipz. 1802, 32, und 310 S. 4, mit 12 Kupfertaf. Siehe A. L. Z. 1803, 195. — Etwas älter iſt eine ſchätzba-

ein Engländer oder ein Franzoſe ſolche Entdeckungen gemacht: wie würde man da gejubelt haben! — Dieſer Chladni iſt derſelbe, der auch der Erfinder des Euphons iſt, und der Behaupter, daß die großen Klumpen von Eiſen, die in Siberien und Südamerika gefunden wurden, Sternſchuppen wären.

§. 268.

Zeit zur Fortpflanzung des Schalls.

Der Schall pflanzt ſich in einer Sekunde 1038 Pariſer Fuß weit fort. Dieß iſt eine der wichtigſten Angaben. Wie man zu

---

re Abhandlung in den Gilbertſchen Annalen, Jahrg. 1806. 3. und 4. Stück: Unterſuchungen über Schall und Licht, von Th. Young; bearbeitet vom Direktor Vieth in Deſſau.

ſolchen Angaben kommt, läßt ſich leicht begreifen — mittelſt Kanonen und Tertien-Uhren. Je weiter die Entfernung, deſto beßer. — Die Lichtenbergiſche Tertien-Uhr war vom jungen Ahrms in Hanover, und koſtete 8 Louisd'or. Wer ſich ſo koſtbare Inſtrumente nicht anſchaffen kann, der muß ſich auf andere Art, z. B. mit Zählen helfen.

Franklin hat dazu den Vaterunſer vorgeſchlagen. Zu ſo einem profanen Gebrauch wollte Lichtenberg denn doch nicht rathen. Er ſchlug deßhalb vor, ſich anzugewöhnen, in einer Sekunde ſo ſchnell als möglich, bis auf 10 zu zählen. Hat man bis auf 5 gezählt, ſo hat man gerade eine halbe Sekunde oder 30 Tertien.

Lichtenberg überzeugte ſich auf verſchiedene Art von der Richtigkeit der obigen Angabe, über die Fortpflanzung des Schalls in einer Sekunde. Vor ſeinem Gartenhauſe außer dem Wehnder Thore (in Göttingen),

konnte er recht gut mit einem guten Teleſcop, den Hammer von der Uhr auf dem Jakobithurm ſehen. Wie ſich der Hammer hub, hielt er den Finger auf die Tertien-Uhr, und ſobald er den Schall hörte, nahm er ihn wieder weg, und erwarb ſich durch mehrere ſolcher Beobachtungen eine große Fertigkeit. Vom Jakobithurm bis zu ſeinem Gartenhauſe ſind 2933 Calenberger Fuß = $2648\frac{2}{10}$ Pariſer Fuß, und die Zwiſchenzeit betrug immer 2 Sekunden und 36 Tertien. Es kamen folglich auf die Sekunde 1118 Fuß.

Eben ſo iſt vor ſeinem Gartenhauſe eine freye Ausſicht nach Federsruhe — wie man in Göttingen das Gartenhaus des Hofraths Feder auf dem Hainberge nannte. Da ließ er Kanonenſchläge anzünden, beobachtete mit einem guten dahin gerichteten Teleſcop die Flamme derſelben bey ihrer Entzündung, und zählte die Zeit, welche von dem Moment, in welchem er die

Flamme erblickte, bis zu dem Momente verſtrich, in welchem er den Knall hörte. Bendavid aus Berlin, war ſeyn Mitbeobachter. Beym erſten Verſuche zählten ſie 4 Sekunden 14 Terzien; beym zweyten 4 Sekunden 15 Tertien. Nach einiger Zeit maß die Diſtanz zwiſchen den beyden Gartenhäuſern Hogreve mit dem königl. Prinzen, und fand die horizontale Fläche 4880 Kalenberger Fuß, = 4392 Pariſer Fuß. Wenn ſich nun der Schall in einer Sekunde 1038 Fuß weit fortpflanzt: ſo kommen 4 Sekunden und 14—⅓ Tertien heraus. Dieß iſt doch ſehr genau! Immerhin mag auch der Zufall etwas dabey gethan haben.

Eine andere Probe ſtellte der Ingenieur-Major Müller zu Göttingen an. Er maß eine Strecke vom Hainberg bis zur Dreckwarte, einmahl mit einem Kanonenſchlag, und der Tertien-Uhr, und dann mit der Klafter. Das erſte Mahl brachte er

7 Sekunden 54 Tertien heraus; das zweyte Mahl 8222 Fuß. Alſo pflanzt ſich nach dieſer Beobachtung der Schall in einer Sekunde 1040 Fuß weit fort.

Von welch' ausgebreitetem Nutzen die beobachtete Fortpflanzung des Schalls in einer Sekunde ſey, und welche angenehme Anwendungen ſich davon machen laſſen, iſt kaum nöthig anzuführen.

Die Weltumſegler können dadurch beſtimmter die Größe einer Inſel angeben. Bisher geſchahen alle dieſe Angaben nur nach dem Augenmaße.

Ein Bataillon Soldaten kann man unmöglich zu gleicher Zeit abfeuern hören, wenn ſie gleich nach der beſten Taktik exerzirt worden ſind; ja was noch mehr iſt, wenn ſie auch wirklich zu gleicher Zeit abfeuern. Sie werden ja mit der Stimme kommandirt, und dieſe können ſie ja nicht zu gleicher Zeit hören, weil ſie nicht in einem Kreisbogen ſtehen, und der komman-

dirende Offizier ſich nicht im Mittelpunkte desſelben befindet. Aber ſtünden ſie auch in einem Kreisbogen, und würden ſie z. B. mit einer Fahne kommandirt: ſo befinden ſich ja die Zuhörer nicht in dem Mittelpunkte des Kreiſes. Will man alſo die Soldaten zu gleicher Zeit abfeuern hören: ſo müſſen ſie in einem Kreisbogen, und die Zuhörer in dem Mittelpunkte desſelben ſtehen. Uebrigens verſteht ſich von ſelbſt, daß dann auch noch die Abfeuerung wirklich zu gleicher Zeit erfolgen müſſe.

Von vielfachem Nutzen iſt die beobachtete Fortpflanzung des Schalls auch bey einem Gewitter. Jedermann weiß, wie viel eine Sekunde beträgt. Er darf nur ſeinen Puls fühlen, welcher in jeder Sekunde ungefähr einmahl ſchlägt. Nun wenn man nach dem Blitz nur 1 Sekunde zählen kann: ſo iſt das Gewitter ſchon über 1000 Fuß entfernt, und man weiß alſo gewiß, daß man ſich in keiner Gefahr befindet. Bey 2,

3 oder 4 Sekunden, weiß man, daß das Gewitter auch gar den Ort nicht treffen wird, in welchem man wohnt. — Wenn man aber den Bliz ſieht, muß man ja nicht ſagen: Eins, ſondern: Null.

Auch laſſen ſich Entfernungen, zwiſchen welchen ein Berg iſt, oder wo ein Nebelwetter, oder ſonſt ein Umſtand das Sehen der Flamme nicht geſtattet, mittelſt des Schalles recht gut meſſen; nur daß man freylich bey einem Berge nicht weiß, ob der Schall mehr durch die Luft oder durch den Berg hindurch fortgepflanzt wird, welches wirklich verdiente ausgemacht zu werden. — Man geht ſo zu Werke. Die zwey Partheyen, die zu einer ſolchen Meſſung erforderlich ſind, und deren jede mit einer guten Tertien-Uhr verſehen ſeyn muß, vergleichen ſich, ehe ſie an ihre Standpunkte A und B gehen, und beſtimmen genau die Zeit, zu welcher ſie die Schall-Meſſung anfangen wollen. Nun

wird alſo in A die Kanone losgebrannt, und es drückt jemand an die Tertien-Uhr. Nun wird in B eine Kanone gelöſt, und ſogleich der Finger von der Tertien-Uhr genommen. Sobald man den Schall hievon in A hört, wird auch der Finger von der Tertien-Uhr genommen, und nun vergleicht man ſich. Auf jeden Fall iſt es gut, den Verſuch mehrere Mahle anzuſtellen.

Auf eben dieſe Weiſe kann man auch die mittlere Geſchwindigkeit einer Kugel gegen die Scheibe berechnen. In dem Augenblicke, da man den Schall vom Schuße hört, oder die Flamme auf der Zündpfanne ſieht, drückt man an die Tertien-Uhr; in dem Augenblicke, da man den Schall vom Scheibenſchlage hört, nimmt man den Finger wieder weg. Fehlt man um eine Tertie, ſo fehlt man freylich um 17 Fuß. Aber ein Troſt iſt, daß, wo es auf Meilen ankömmt, der Fehler auch nicht mehr beträgt. — Man hat gefragt, ob es

bey Schützenhöfen und dergleichen, nicht eine Stelle gibt, wo der Schall vom Schuſſe und der Schall vom Scheibenſchlage zugleich gehört werden kann! Die Antwort darauf iſt: Nein. Der Schall vom Schuſſe iſt nähmlich dann ſchon weit voraus, wann die Kugel in die Scheibe ſchlägt, und der Schall davon kann den erſten Schall nicht mehr einhohlen.

Selbſt noch kleinere Diſtanzen laſſen ſich mittelſt des Schalles meſſen. — In der Muſik kann man kleine Räume außerordentlich leicht behalten. Eben ſo auch beym Schalle überhaupt. Man nimmt 20 zuſammen, und dividirt dann mit 20 ſo hat man 1, z. B. wenn die Zimmerleute Nägel auf den Dächern einſchlagen.

Auch kann man die Tiefe eines Brunnens, nach dem Schalle eines hineingeworfenen Steins berechnen. Die Aufgabe iſt die: Wenn man einen Stein in einen Brunnen fallen läßt, aus der

Zeit, zwiſchen dem Momente, da man den Stein fallen läßt, und dem, da man den Schall hört, die Tiefe des Brunnens zu berechnen. Es ſey die beobachtete Zeit = 10 Sekunden: ſo iſt dieſelbe natürlich aus folgenden zwey Zeitmomenten zuſammengeſetzt: erſtens aus der Zeit, welche der Stein zum Hinabfallen in den Brunnen, und zweytens aus der Zeit, welche der Schall zum Heraufkommen aus dem Brunnen braucht. Da ſich die Höhen des Falles, wie die Quadrate der Zeiten verhalten, und alſo die Zeiten, wie die Quadratwurzeln der Höhen: ſo iſt die erſtere Zeit $= \sqrt{\frac{x}{15,095.}}$ und eben ſo die zweyte $= \frac{x}{1038.}$ Beyde Formeln zuſammen addirt, geben alſo für die Tiefe des Brunnens = x, folgende Gleichung:

$$\sqrt{\frac{x}{15{,}095}} + \frac{x}{1038} = 10.$$ *)

*) Um dieſe Gleichung aufzulöſen, ſetze man 15,095 oder die Fallhöhe eines Körpers in einer Sekunde, in Pariſer Fuß $= g$; $1038 = c$ und $10 = m$: ſo erhält man $\sqrt{\frac{x}{g}} + \frac{x}{c} = m$; oder $\sqrt{\frac{x}{g}} = m - \frac{x}{c}$ durch Verſetzung; oder $\frac{x}{g} = m^2 - \frac{2mx}{c} + \left(\frac{x}{c}\right)^2$, wenn man auf beyden Seiten quadrirt; oder $\frac{x}{g} - m^2 + \frac{2mx}{c} = \left(\frac{x}{c}\right)^2$, durch Verſetzung; alſo $\left(\frac{x}{c}\right)^2 = \frac{x}{g} - m + \frac{2mx}{c}$; oder $= \frac{x}{g} + \frac{2mx}{c} -$

§. 269.

Modificirung der Fortpflanzung des Schalles.

Der Schall wird durch Wärme und Kälte, und durch den Wind ſehr modi-

---

m^2; oder $= \frac{cx}{gc} + \frac{2mx}{c} - m^2$,

wenn man die beyden erſten Brüche auf einerley Benennung bringt; oder

$= \frac{c}{g} \cdot \frac{x}{c} + 2m\frac{x}{c} - m^2$; oder

$= \left(\frac{c}{g} + 2m\right) \cdot \frac{x}{c} - m^2$; alſo

$\left(\frac{x}{c}\right)^2 = \left(2m + \frac{c}{g}\right) \cdot \frac{x}{c} - m^2$;

folglich

$\left(\frac{x}{c}\right)^2 - \left(2m + \frac{c}{g}\right) \frac{x}{c} = -$ m^2; durch Verſetzung; oder

ficirt. Allein das erſte iſt ſehr unbeträchtlich. Bianconi fand bey Bologna, daß

$$\left(\frac{x}{c}\right)^2 - \left(2m + \frac{c}{g}\right) \cdot \frac{x}{c} + \left(m + \frac{c}{2g}\right)^2 = - m^2 + \left(m + \frac{c}{2g}\right)^2,$$

Wenn man das Quadrat completirt, und auf beyden Seiten addirt; oder

$$\left(\frac{x}{c}\right)^2 - \left(2m + \frac{c}{g}\right) \cdot \frac{x}{c} + \left(m + \frac{c}{2g}\right)^2 = \frac{mc}{g} + \frac{c^2}{4g^2},$$

Wenn man auf der rechten Seite das Addirte wirklich ausdrückt; oder

$$\frac{x}{c} - \left(m + \frac{c}{2g}\right) = - \sqrt{\left(\frac{mc}{g} + \frac{c^2}{4g^2}\right)}$$; wenn man auf beyden Seiten die Quadratwurzel aus-

der Schall bey 28° Reaum. in einer Strecke von 30 Meilen, 76 Sekunden brauchte. — Beträchtlicher iſt die Modifikation durch den Wind. Allein man muß ſich dadurch nicht abſchrecken laſſen. Bey andern Verſu-

---

zieht, und bedenkt, das $\frac{x}{c}$ kleiner als m iſt; oder

$$\frac{x}{c} = \left(m + \frac{c}{2g}\right) - \sqrt{\left(\frac{m\,c}{g} + \frac{c^2}{4g^2}\right)},$$

durch Verſetzung; alſo

$$x = \left(\left(m + \frac{c}{2g}\right) - \sqrt{\left(\frac{c^2}{4g^2} + \frac{m\,c}{g}\right)}\right) . c;$$

oder in obigen Zahlen ausgedrückt.

$$\frac{x}{1038} = 10 + \frac{1038}{2.\ 15{,}095} - \sqrt{\left(\frac{1028^2}{4.\ 15{,}095^2} + \frac{10.\ 1038}{15{,}095}\right)}$$

chen hat man noch viel größere Schwierigkeiten zu überwinden. Und dieſe Modifikation findet nur dann Statt, wenn der Wind dem Schalle geradeweges entgegen iſt.

Aber wenn beym ſtärkſten Weſtwind der Schall in die Quere kömmt, ſo thut dieß nichts. De la Caille fand, daß wenn der Schall ſich bey ruhiger Luft $82\frac{1}{2}$ Sekunde verbreite, er bey ſtarkem Winde,

---

$$= 10 + 34{,}382 - \sqrt{(1182{,}138 + 687{,}645)}$$
$$= 44{,}382 - \sqrt{1869{,}783}$$
$$= 44{,}382 - 43{,}240$$
$$= 1{,}142 \text{; alſo}$$

$x = 1{,}142 \cdot 1038 = 1185{,}396$ Pariſer Fuß. So tief würde alſo der Brunnen ſeyn; der Schall brauchte zum Heraufkommen 1,142 Sekunden; und der Stein zum Hinabfallen 8,858 Sekunden. Siehe math. Abhandl. vermiſcht. Inhalts, von Abrah. Gotth. Käſtner, Erfurt 1794. 4.

der ihm entgegen war 85 Sekunden dazu brauchte. Auf 35000 Fuß macht es gerade 2500 Fuß, oder in einem kürzern Verhältniß auf 24 Fuß, 1 Fuß.

§. 270.

Intenſität des Schalles.

Der Schall nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt. Man denkt ſich deshalb die Schallſtrahlen, wie die Lichtſtrahlen. Auch ſpricht man nach der Analogie, von Schallwellen (§. 267), von einem Schallkreiſe, und vergleicht denſelben mit dem Wellenkreiſe eines ins Waſſer geworfenen Steins. — Wenn A B (Fig. 45.) ein Damm z. B. in einem großen Teich wäre, und in der Mitte bey C eine Oeffnung hätte: ſo würden ſich, wenn man bey D einen Stein ins Waſſer würfe, die Wellen desſelben ſo bilden, wie die Figur darſtellt. Stünde aber

in C ein Pfahl, ſo würden ſie ſich ſo bilden, wie Fig. 46. zeigt. — Und eben ſo verhält ſich's nun auch mit dem Schalle. Aber ſonſt iſt ein großer Unterſchied zwiſchen den Schallkreiſen und den Wellenkreiſen eines ins Waſſer geworfenen Steins. Bey den Steinen verhalten ſich die Geſchwindigkeiten, wie die Quadratwurzeln aus der Breite der Steine. Aber nicht ſo bey dem Schalle. Schlägt man mit einem großen oder kleinen Hammer irgendwo auf, ſo hört man den Schall immer zu gleicher Zeit. Dieß iſt auch ein großes Glück für die Muſik. Sonſt würde man z. B. in einem Garten den Baß immer eher ankommen hören, als den Diskant. Und es wäre dann eine fatale Sache mit dem Notenſetzen.

§. 271.

Vom Echo.

Der Schall befolgt genau die Geſetze der Reflexion des Lichts. Man kann alſo

die Wand, von welcher er zurückgeworfen wird, einen akuſtiſchen Spiegel nennen. Aber ſonſt gibt es viele Schwierigkeiten. So geben neue Gebäude ein viel ſchlechteres Echo, als alte Mauern. Dieß läßt ſich indeß aus verſchiedenen Urſachen begreifen; vorzüglich aus der Holprigkeit der alten Mauern. Büſch rechnet auch viel auf die Luft, die zwiſchen den Höhlungen derſelben enthalten iſt. Zu Leipzig vor den Ramſtädter Thor iſt ein berühmtes wiederhohlendes Echo. Dieß läßt ſich aus dem nahe ſtehenden Häuſern erklären, von welchen die Schalllinien zurück geworfen werden. In Altdorf, dem Obſervatorio gegenüber, iſt auch ein ſehr berühmtes Echo. Auf 150 Schritte wirft es das Wort omnia; auf 230 responde mihi, auf 340 responde mihi cito, und auf 380 responde mihi cisissime zurück.

Ein Irländer, vielleicht derſelbe, der bey der Paulskirche in London fragte, ob die-

ſe Kirche wohl in England verfertiget worden ſey — ſagte einmahl in einer Geſellſchaft, in welcher von berühmten Echos geſprochen wurde: O! bey mir gibt es wohl viel beſſere Echos; wenn man da in ein Haus kommt, und frägt: Wie befinden Sie ſich? ſo antwortet es: Ich danke für das gütige Andenken — recht wohl.

Hieher gehört auch die Bauchrednerey — die bey allen Marionettenſpielen Statt findet. Lichtenberg hatte im Jahr 1789 einen Bauchredner (Ventriloquus) auf ſeiner Stube. Er war ein Gärtner ſeiner Profeſſion nach, verſtand ſich aber auf das Bauchreden ſo gut, daß er ihn betrog, ungeachtet er von ihm betrogen ſeyn wollte. Er machte ſeine Verſuche mit einer kleinen Puppe. Beym Lachen umarmte er dieſelbe, damit man ihm nichts an dem Geſichte kennen möchte. —

Das menſchliche Ohr kann ſehr ſchlecht von Lagen urtheilen. Wenn A ſtatt B ſprä-

che, rührte aber den Mund nicht, B hingegen bewegte den Mund: ſo würde Jedermann glauben, B ſprechen. So ſieht man ſich auch, wenn man einen dicken Mann, fein ſprechen hört, um, und meint, es ſpräche Jemand anderer, weil man von ihm eine Baßſtimme erwartet. Es iſt faſt gerade ſo, als wenn man des Abends in ein Spiegelzimmer ginge, in welchem eine Perſon ſäße. Man glaubt eine ganze Geſellſchaft zu erblicken. Käme nun dieſe Perſon rückwärts zurück: ſo würde man gewiß jemand Andern für die rechte Perſon halten, weil es doch nicht Sitte iſt, daß man Jemanden auf eine ſo negative Art in Empfang nimmt.

§. 272.

Sprachgewölbe.

Auf die Eigenſchaften der Ellipſe und auf die Geſetze der Reflexion der Schall-

ſtrahlen, gründen ſich die Sprachgewölbe. — Eine Ellipſe entſteht, wenn man einen Kegel ſchräg durchſchneidet, ſo wie der parallele Durchſchnitt deſſelben mit einer ſeiner Seiten, die Parabel, und mit ſeiner Axe die Hyperbel gibt. Sie beſitzt die Eigenſchaft, daß alle Schallſtrahlen, die aus einem Brennpunkte derſelben herkommen, ſo reflektirt werden, daß ſie wieder in dem andern Brennpunkte derſelben zuſammen kommen. Kann man nun einem Gewölbe eine elliptiſche Form geben, ſo muß es auch in demſelben zwey Punkte, A und B geben, von welchem alle Schallſtrahlen nach dem Andern reflektirt werden müßen. Wenn nun Jemand in A ſehr leiſe ſpricht: ſo kann man ihn bey B doch gut verſtehen. Wer aber an einem andern Orte ſtünde, würde nichts hören.

§. 273—276.

Sprachrohr (Tuba Stentorea).

Der Schall nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt (§. 270.), aber in cylindriſchen Röhren kann man ihn ſehr weit fortpflanzen, wie aus Fig. 47. deutlich genug erhellet. Wenn man daher eine Taſchenuhr in die Mündung einer Kanone legt, und das Ohr an das Zündloch hält: ſo hört man ſie ſehr deutlich ſchlagen, ſo deutlich, als wenn man ſie dicht an dem Ohr hätte. — Lichtenberg rieth einmahl einem ſeiner Zuhörer, mit den Röhren von Weiſſenſtein (jetzt Napoleonshöhe) bey Kaſſel, ähnliche Verſuche anzuſtellen; — und er fand es beſtätiget.

Man könnte ſolche Röhren in den Bedientenſtuben anlegen, und ſich derſel-

den ſtatt der Glocken bedienen, auch in den Gefängniſſen. —

Die Kerls, die mit den Cicerosköpfen, u. ſ. w. herumziehen, hängen ganz von dieſen Röhren ab. Es iſt unglaublich, welche Revolutionen ſie deßhalb mit dem Fußboden der Zimmer anfangen, in welchen ſie ihr Gaukelſpiel treiben wollen.

Die Fortpflanzung des Schalls durch ſolche Röhren erſtreckt ſich natürlich nur ſo weit, als die Länge der Röhren beträgt, wie ebenfalls aus Fig. 47. deutlich erhellt. So wie die Schallſtrahlen nach D reflektirt werden, gehen ſie nach der Richtung D E und D F auseinander, und ein Ohr in G würde nichts von ihnen vernehmen. Könnte man nun eine Röhre ſo einrichten, daß die Schallſtrahlen bey D parallel reflektirt werden müßten, ſo würde ſich der Schall auch unabhängig von der Länge der Röhre, noch viel weiter fortpflanzen. Dieß iſt nun das Sprachrohr.

Man hat ſich viel um das Alter der Erfindung der Sprachröhre geſtritten. Einige wollen ſchon die Alten davon Gebrauch machen laſſen. Sie berufen ſich auf die Tuba, mit welcher die Alten ihre Truppen kommandirten. Doch dieß war wohl nur eine Trompete. Denn bekanntlich kommandirte man Landtruppen nicht mit dem Sprachrohr. — Der Erfinder iſt vielmehr Morland in England, von dem auch ein Barometer den Nahmen führt. Er machte die Erfindung um das Jahr 1670.

Sobald die Erfindung gemacht war, gab man den Mathematikern das Problem auf, die beſte Form anzugeben. Da kamen denn viele Vorſchläge zum Vorſchein. Die paraboliſche Form iſt theoretiſch unſtreitig die richtigſte. Die Parabel — welche entſteht, wenn man einen Kegel parallel mit einer ſeiner Seiten durchſchneidet — hat nähmlich die Eigenſchaft, daß alle Strahlen, die mit der Axe derſelben

parallel einfallen, in einem Punkte in der Mitte des Halbmeſſers reflektirt werden, welcher der Brennpunkt heißt; und wieder, daß alle Strahlen, welche aus dieſem Brennpunkte auf die Parabel fallen, parallel zurück geworfen werden. Da man nun die Parabel ſo ſpitz machen kann, als man will, ſo ſcheint ſie ſich wirklich am beſten zu einem Sprachrohr zu qualifiziren. Allein man hat doch gefunden; daß kein merklicher Unterſchied heraus kommt. Einmahl ſind ſolche Sprachröhre ſchon ſehr ſchwer zu verfertigen. Dann ſetzt die Parabel voraus, daß alle Schallſtrahlen aus einem Punkte kommen, welches natürlich in der Praxi nicht der Fall iſt. Man hat wohl ein elliptiſches Mundſtück angebracht: allein dem Uebel wurde dadurch nicht abgeholfen. Da kam denn endlich Lambert, und zeigte, daß, wenn man dem Kegel ein ordentliches Verhältniß ſeiner Höhe zur Baſis gäbe, derſelbe noch immer das beſte Sprachrohr wäre.

Man kann ohne Sprachrohr auf 400 Fuß hören. Nach dieſer Bemerkung richtete er ſeine Angabe ein.

Um doch ein Verhältniß zu kennen, mag man ſich folgendes von Chladni merken. Oben, nach ſubjektivem Bedürfniß weit, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll, unten 14 Zoll im Durchmeſſer, und 4 Fuß hoch. Ferner von gut geleimten Pappdeckel und inwendig ſo glatt als möglich. Das Blech hat ſelbſt wieder viele Schwingungen.

Von welch' wichtigem Gebrauche übrigens die Sprachröhre ſeyen, beſonders auf der See, bey einem Sturme, bedarf wohl keiner Erwähnung.

§. 277.

Hörrohr (Tuba acustica.)

Das Hörrohr gründet ſich ganz auf die Parabel. In gewiſſer Entſernung, wäre wohl die Ellipſe beſſer. Bey

Thomſon, Lichtenbergs Sprachlehrer im Engliſchen, ſah er ein Hörrohr, von der Geſtalt, wie Fig. 48. es darſtellt. Es war von Silber. Allein es ereignete ſich damit der traurige Umſtand, daß ſich das Ohr, blos durch das leiſe Anhalten zu entzünden anfing, ſo daß er das Rohr ganz weglegen mußte. Er verfiel hernach auf die Vergrößerung der Ohren, durch das Flache beyder Hände. Und dieß mag wohl das beſte Hörrohr für ſolche ſeyn, die nicht ganz taub ſind. Freylich ſieht es nicht gut aus, und erinnert an den Freund Langohr. Aber Noth hat kein Geboth. — Man hat auch von dünnem Pergament ſolche Ohren geformet. — Den Verſuch kann man am beſten mit einer Taſchenuhr anſtellen, die man auf einen Tiſch legt, und ſich immer weiter davon entfernt.

§. 278.

Andere Fortpflanzungsmittel des Schalles.

Es war davon ſchon oben (§. 265.) die Rede.

Gründe der Muſik.

§. 279.

Saiten.

Um regelmäßige Schwingungen oder einen Klang (§. 264.) hervorzubringen, bedient man ſich unter andern der Saiten. Die Schwingungen derſelben haben viele Aehnlichkeit mit den Schwingungen des Pendels. Deßwegen haben auch die Mathematiker ihre Schwingungen eben ſo berechnet, wie die Schwingungen des Pendels.

§. 280.

Klang.

Die Schwingungen einer geſpannten Saite bringen einen Schall hervor, der ſich durch eine größere Annehmlichkeit auszeichnet. Man nennt ihn einen **Klang**. Er unterſcheidet ſich von dem Geräuſche dadurch, daß er durch gleichartige (gleich geſchwinde) Schwingungeu, die durch das Gehör oder durch andere Mittel beſtimmbar ſind, hervorgebracht wird. (§. 264.)

§. 281.

Klingende Körper.

Nicht nur die Saiten, ſondern noch viele andere Körper bringen einen Klang hervor. Man nennt ſie **klingende Körper**. Chladni theilte ſie in drey Klaſſen ein. Sie ſind:

1. für ſich biegſam, aber durch Spannung elaſtiſch; fadenförmige Körper dieſer Art ſind Saiten; membranenförmige ſind Pauken= und Trommelfelle.

2. ausdehnbar flüßig und durch Druck elaſtiſch, wie die Luft, welche in den Blasinſtrumenten der klingenden Körper iſt.

3. ſteif, und für ſich elaſtiſch, deren es zweyerley Gattungen gibt; an der einen ſind die Schwingungen linearisch, dergleichen gerade Stäbe, Gabeln, Ringe und andere, hauptſächlich nach der Länge ausgedehnte Körper wahrnehmen laſſen; an der andern geſchehen die Schwingungen nach gekrümmten Flächen, wie an Scheiben, Glocken, Gefäßen, u. d. gl.

§. 282.

Allgemeine Schwingungsgeſetze der Saiten.

Die Schwingungsgeſetze der Saiten ſind um ſo wichtiger, da von den Saiten nicht

nur ein ſo vorzüglicher Gebrauch gemacht wird, ſondern auch alle übrigen klingenden Körper ſich gleichſam als Saiten gedenken laſſen. Es richtet ſich aber die Anzahl der Schwingungen einer Saite nach ihrer Länge, nach ihrer Spannung und nach ihrer Dicke, und das allgemeine Geſetz derſelben wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$V = \sqrt{\frac{S}{L \cdot P}}, \text{ wo}$$

V die Schwingung der Saite
L die Länge der Saite
P das Gewicht der Saite, und
S die Spannung der Saite bedeutet.

Dieſe Formel fließt aus den Geſetzen der Elaſticität harter Körper, und aus den Geſetzen des Pendels. Aus jenen nähmlich ergibt ſich — welches hier freylich aus der höhern Mechanik poſtulirt werden muß, da wir uns bey der

Elaſticität nicht darauf eingelaſſen haben — daß

$$T^2 = \frac{L^2 . D^2}{S}$$

oder, daß das Quadrat der Schwingungszeit (T) einer Saite, gleich ſey einem Bruche, wovon der Zähler ein Produkt aus dem Quadrate der Länge (L) in das Quadrat der Dicke (D) der Saite, und der Nenner, die Spannung (S) derſelben iſt.

Für dieſe Formel läßt ſich ſetzen:

$$T^2 = \frac{L . P}{S}$$

oder, das Quadrat der Schwingungszeit einer Saite, iſt gleich der Länge derſelben multiplicirt in ihr Gewicht, und dividirt durch ihre Spannung. Denn da die Saite eine cylindriſche Geſtalt hat, ſo iſt ihr körperlicher Raum, und alſo auch ihre Maſſe oder ihr Gewicht (P) $= L . D^2$. Man kann alſo aus dem Zähler der erſtern

Formel, L . D² weglaſſen, und dafür P ſetzen: ſo erhält man in der letztern Formel zum Zähler L . P, und es iſt alſo

$$T^2 = \frac{L.P.}{S}$$

Nun aus den Geſetzen des Pendels ergibt ſich, daß ſich die Schwingungsanzahlen verkehrt verhalten, wie die Schwingungszeiten, weil ja natürlich die Anzahl der Schwingungen um deſto größer ſeyn muß, je kleiner die Dauer jedes einzelnen Schwunges iſt. Folglich iſt

$$V^2 = \frac{S}{L.P}$$

und auf beyden Saiten die Quadratwurzel ausgezogen, gibt

$$V = \sqrt{\frac{S}{L.P}}$$

und ſo verhält ſich alſo die Anzahl der Schwingungen von ein paar Saiten in ei-

ner gegebenen Zeit, wie die Quadratwurzeln aus den Quotienten, die man findet, wenn man die Saiten ſpannenden Kräfte durch das Produkt, aus dem Gewichte der Saiten in ihre Längen, dividirt; oder es iſt

$$V : v = \sqrt{\frac{S}{L \,.\, P}} : \sqrt{\frac{S}{l\,p}}$$

Anmerkung. Hieraus läßt ſich nun einigermaſſen Eulers allgemeine Formel, für die Anzahl der Schwingungen einer Saite in einer Sekunde, verſtehen.

Es iſt folgende:

$$V = \frac{355}{113} \,.\, \sqrt{\frac{3166.n}{a}}, \text{ wo}$$

V die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde; $\frac{355}{113}$ die ſogenannte Cölniſche Zahl, oder 3,141592. 3166, die Länge eines Sekundenpendels in Tauſendtheilen des Rheinl. Fußmaßes;

n, das Gewicht der Spannung der Saite; und

a die Länge der Saite ebenfalls in Tauſendtheilen des Rheinl. Fußmaßes bedeutet.

Nach obiger Formel mußte nähmlich dieſe Euler'ſche, folgendermaſſen ausgedrückt werden:

$V = \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166}{L.P}}$ Weil aber Euler die ſpannende Kraft der Saite oder S durch ein Gewicht ausdrückt, welches ein Multiplum von dem Gewichte der Saite iſt, ſo daß alſo P : S = 1 : n und mithin n anzeigt, wie vielmahl die Spannung der Saite ſtärker iſt, als ihr Gewicht: ſo kann P, da es = 1 geſetzt wird, aus der Formel weggelaſſen werden, und es verwandelt ſich dieſelbe, wenn man noch n ſtatt S und a ſtatt L ſetzt, in folgende:

$$V = \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166.\ n}{a}}$$

Es ſey die Länge der Saite . oder a oder L = 2½ rheinl. Fuß, alſo im Tauſendtheilen desſelben = 2500, und ſie werde durch ihr 10000 faches Gewicht geſpannt, alſo n = 10000 : ſo wird dieſelbe in einer

$$\text{Sekunde}\ \frac{355}{113} \cdot \sqrt{\frac{3166 \cdot 10000}{2500}}$$

d. i. 353½ Schwingungen machen. Will man die Länge der Saite nicht in Tauſendtheile verwandeln, ſo darf man natürlich für 3166 nur 3.166 ſetzen. Man ſieht, daß dieſe Eulerſche Formel viel Schönes hat, da ſie ein ſicheres Mittel darbietet, der Nachwelt Nachricht von unſern Tönen zu geben. Euler fand nähmlich, daß eine Saite, die in einer Sekunde 392 Schwingungen machte, den Ton a angebe. Hieraus folgt, daß das Contra A von einer Saite angegeben wurde, die 98 Schwingungen in einer Sekunde macht, und das Contra C, wenn man dieſes für den tiefſten Ton annehmen wollte, von einer Saite, die 58⅘ Schwingungen

in einer Sekunde macht. Sollte nun unſer Fußmaaß wirklich verloren gehen: ſo darf man die Länge der Saite, nur nach einem ſolchen Maaße beſtimmen, wovon 3166 Theile, die Länge eines Perpendikels machen, das Sekunden ſchlägt.

§. 283.

Beſondere Schwingungsgeſetze der Saiten.

Aus dieſem allgemeinen Geſetze laſſen ſich nun leicht alle beſondere Geſetze herleiten. Lichtenberg ſchränkte ſich auf folgendes einzige ein, das er mit ſeinem von Chladni ſelbſt verfertigten Monochord erläuterte: bey gleich geſpannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten, verhält ſich die Anzahl der Schwingungen umgekehrt, wie ihre Längen; oder

$$V : v = l : L$$

Weil nähmlich die Dicken gleich ſind, ſo verhalten ſich ihre Gewichte wie ihre Längen, und ſtatt des Faktors P und p in den Nennern der Generalformel, kommt alſo L und l zu ſtehen, ſo daß

$V : v = \sqrt{\frac{S}{L.L}} : \sqrt{\frac{S}{l.l}}$, oder welches einerley iſt

$V : v = \frac{\sqrt{S}}{L} : \frac{\sqrt{S}}{l}$. Weil aber auch die Spannungen gleich ſind: ſo läßt ſich für S und s, 1 und 1 ſetzen, daß alſo

$V : v = \frac{\sqrt{1}}{L} : \frac{\sqrt{1}}{l}$; oder welches einerley iſt

$V : v = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}$, oder welches einerley iſt

$V : v = l : L$

§. 284.

Ton.

Sieht man bey einem Klange blos auf die Geſchwindigkeit der zitternden oder ſchwingenden Bewegung: ſo nennt man ihn einen Ton. (§. 264.)

Ein Ton unterſcheidet ſich von einem andern durch Höhe und Tiefe. Höher iſt ein Ton, wenn in einer gegebenen Zeit die Schwingungen ſchneller; tiefer, wenn in derſelben Zeit die Schwingungen langſamer auf einander folgen.

§. 485. 486.

Intervall oder Tonverhältniß.

Ein Intervall oder Tonverhältniß iſt der Unterſchied eines Tons von dem andern; oder das Verhältniß der Schwingungszahlen für zwey Töne bey einerley Zeit der Schwingungen. Es wird

dieß Verhältniß der Töne gegen einander, nach den Längen der Saiten beſtimmt. Wenn alſo von ein paar gleich dicken, und gleich ſtark geſpannten Saiten, ihre Längen ſich verhalten

Wie	ſo gibt die erſte		von der zweyten
1 : 1	= =	den Einklang	= =
1 : 2	= =	die Oktave	= =
2 : 3	= =	die Quinte	= =
3 : 4	= =	die Quart	= =
4 : 5	= =	die große Terz	= =
5 : 6	= =	die kleine Terz	= =
5 : 8	= =	die kleine Sexte	= =
3 : 5	= =	die große Sexte	= =

Es laſſen ſich alle dieſe Verhältniſſe auf einem Monochorde, mit kleinen Sateln, von Papier recht deutlich machen.

§. 287.

Conſonanzen und Diſſonanzen.

Der Grundton, die Oktave, die Quinte und die große Terz, gewähren dem Ohre Vergnügen, und werden dahero Conſonanzen, Accorde, conſonirende Töne genannt. In Kirchen, und ſonſt, ſingen Frauenzimmer gewöhnlich um eine Oktave höher, ohne daß ſie es merken, daß ſie höher ſingen. Dieß rührt von der ſchönen Zuſammenſtimmung, der Oktave, Quint und Terz her.

Die übrigen Töne, deren eine unzählige Menge ſind, heißen Diſſonanzen oder diſſonirende Töne. Auch dieß läßt ſich mit dem Monochorde oder Sonometer deutlich machen.

§. 288.

In einer jeden Oktave werden ſieben Haupttöne und fünf Nebentöne

angenommen. Die erſten werden mit den Buchſtaben C, D, E, F, G, A, H, die letztern mit Cis, Dis, Fis, Gis, B bezeichnet. Die Töne, welche in Oktaven aus einander liegen, werden mit demſelben Buchſtaben, nur mit der kleinen Abänderung bezeichnet, daß man zu der erſten Oktave große Buchſtaben, zu der zweyten kleine Buchſtaben, zu der dritten einmahl geſtrichene, zu der vierten zweymahl geſtrichene kleine Buchſtaben wählt, u. ſ. w. Alſo

C^{Cis} D^{Dis} E F^{Fis} G^{Gis} A^{B} H

c d e f g a h $\underline{c}$ $\underline{d}$ $\underline{e}$ $\underline{f}$ $\underline{g}$ $\underline{a}$ $\underline{h}$

$\underline{\underline{c}}$ $\underline{\underline{d}}$ $\underline{\underline{e}}$ $\underline{\underline{f}}$ $\underline{\underline{g}}$ $\underline{\underline{a}}$ $\underline{\underline{h}}$ $\underline{\underline{c}}$

Und hierinn beſtehet nun das heutige **Diatoniſche Syſtem**, oder die **Diatoniſche Grundleiter**.

§. 289.

Temperatur.

Bey dieſem Diatoniſchen Syſteme ereignet ſich ein ſehr merkwürdiger Umſtand.

Weil man gerne jeden der zwölf Töne für einen Grundton halten will, ſo geſchieht es, daß, wenn man die Quinte rein haben will, man ſich in die Oktave verliert. Es ſind 12 Quinten, und man kann alſo gar nicht auf das c kommen. Da muß denn ein Vergleich getroffen werden, bey welchem die möglichſt kleinſte Abweichung von der höchſten Reinigkeit Statt findet. Ein ſolcher Vergleich oder eine ſolche Einrichtung wird nun die Temperatur genannt. *)

*) Ein ſehr ſchätzbares Werk über die Temperatur iſt: Anleitung zu Temperaturberechnungen für diejenigen, welche in dem arithmetiſchen Theile der Muſik, keinen mündlichen Unterricht haben können, insbeſondere aber für die Beſitzer des Kirnberger'ſchen Werkes: die Kunſt des reinen Satzes u. ſ. w. Von Daniel Gottlob Türk Muſikdirektor, (jetzt Profeſſor der Muſik) in Halle. Halle 1808, 572 S. gr. 8. Siehe darüber Hall. A. L. Z. 1809.

Man hat ſehr viele ſolche Temperaturen vorgeſchlagen. Die *Kirnbergerſche*, für welche ſich Erxleben ſo warm erklärt, hat ihren Nahmen von *Kirnberger*, einem berühmten Muſikus, der die muſikaliſchen Artikel zu Sulzers Wörterbuch verfertigte. Um ſie zu verſtehen, muß man folgendes bemerken: Wenn man die Quinten alle rein ſtimmt: ſo wird das C zu hoch, in dieſem Verhältniß 524288 : 531441, welches das *Pythagoriſche Comma* heißt, zum Unterſchiede von dem gemeinen *Comma*, oder 80 : 81.

Nun nach der Kirnbergerſchen Verbeſſerung ſind 9 Quinten rein; von den drey übrigen ſchwebt das eine mit $\frac{1}{12}$ vom Pythagoriſchen Comma, und von den zwey übrigen ſchwingt ein jedes mit $5\frac{1}{2}$ vom Pythagoriſchen Comma.

Die *gleichſchwebende* oder *mathematiſche* Temperatur, die unſtreitig vor allen übrigen den Vorzug verdient, iſt

diejenige, wo alle Schwingungen in einem eigentlichen wahren geometriſchen Verhältniſſe fortgehen. Man muß alſo die Oktave C bis c in 12 gleiche Intervalle oder Stufen eintheilen. Und dieß geſchieht auf folgende Art:

Grundton C	Oktave c
1 oder 2^0	2 oder 2^1
	oder

$$2^{\frac{1}{12}} \; 2^{\frac{2}{12}} \; 2^{\frac{3}{12}} \; 2^{\frac{4}{12}} \; . \; . \; 2^{\frac{12}{12}}$$

Wenn man alſo den Log. 2 mit $\frac{1}{12}$ multiplicirt ($\frac{1}{12}$. Log. 2) ſo erhält man Log. 0,0250858, den man ſucht, oder den Unterſchied der zwölf Logarithmen. — Zieht man nun den Logarithmus 0,0250858 von dem Log. 1 oder Log. 1,0000000—1 ab: ſo erhält man den Logarithmus 0,9749242—1, und die dazu gehörige Zahl iſt = 0,9438, u. ſ. w.

§. 290.

M u ſ i k.

Die ganze Muſik gründet ſich auf den Unterſchied zwiſchen den tiefen und hohen Tönen. Sie lehret nähmlich nichts anders, als Töne, die in Anſehung der Tiefe und Höhe verſchieden ſind, ſo mit einander zu verbinden, daß daraus eine angenehme Harmonie entſteht.

Die L y r a der Alten beſtand aus vier zwiſchen zwey Stierhörnern ausgeſpannten Saiten, und hatte Anfangs nur die 4 Töne C F G c.

§. 291.

R e i n h e i t d e s K l a n g s.

Chladni entdeckte eine ganz eigene Art von Tönen an den Saiten, die zwar in der Muſik nie werden angewendet werden können, weil ſie unangenehm ſind, die aber we-

gen ihrer gänzlichen Abweichung von allen übrigen Schwingungsarten, Aufmerkſamkeit verdienen. Er heißt ſie Längentöne. Man muß die Saite mit dem Bogen ſo nach der Länge unter einem ſehr ſpitzigen Winkel ſtreichen, nicht unter einem rechten, wie gewöhnlich geſchieht. Bey den gewöhnlichen Tönen kommt nichts darauf an, was man für einen Körper nimmt. Allein bey den Längentönen iſts ganz etwas anders, da geben die Meſſingſaiten andere Töne, andere die Darmſaiten, andere die Stahlſaiten. Dieſe ſind um eine Quarte höher, als die Meſſingſaiten, und dieſe wieder um eine Sexte höher, als die Darmſaiten.

§. 292.

Bemerkbarer Unterſchied der Töne.

Wie viel Schwingungen muß eine Saite in einer Sekunde ma-

chen, damit es in unſern Ohren ein Ton wird? — Sauveur glaubt $12\frac{1}{2}$ Schwingungen. Dieß wäre der tiefſte Ton; der allerhöchſte wäre 6400. Alſo $12\frac{1}{2}$, 25, 50, 100 u. ſ. w. Die letztere Zahl iſt ungefähr das Contra A. Bey Euler iſt es 98; fährt man alſo fort bis zur Zahl, die 6400 am nächſten liegt, ſo erhält man 9 Oktaven. Euler rechnet für den tiefſten Ton 20, und für den höchſten 4000 Schwingungen. Hier gibt es 96, dort 108 hörbare Töne. Bey den Farben kömmt etwas Aehnliches vor. Der Mensch kann 819 Farben unterſcheiden.

§. 296. *)

Erregung der Töne.

Wie auf den verſchiedenen muſikaliſchen Inſtrumenten die Töne hervorgebracht wer-

*) Die Paragraphen 293, 294 und 295 wurden von Lichtenberg übergangen. Sie han-

ben, iſt bekannt. Eine andere Art Töne zu erregen, iſt folgende. Wenn man Zink in ein Medizinglas wirft, und dann zuerſt Waſſer, hernach Salzſäure darauf gießt: ſo entſteht inflammable Luft. Setzt man nun auf die Oeffnung des Glaſes eine kurze Röhre, zündet die Luft an, und hält eine lange Glasröhre darüber: ſo entſteht ein herrlicher Ton. — Die ſiedenden Theekeſſel geben einen ähnlichen Ton von ſich, und es iſt auch ganz daſſelbe. — Wenn man die inflammable Luft mit Eiſenfeilſtaub macht, kann man jenen Ton nicht erhalten. Hieher gehört auch die Rieſen- oder Wetterharfe in Baſel. Lichtenberg beſchrieb ſie im Götting. Taſchenkal. für das Jahr 1792. Der Erfinder davon iſt Pater Bentan, Probſt zu Bürkli, unweit Baſel. Er

---

deln von der gleichzeitigen Fortpflanzung mehrerer Töne, von der Mittheilung derſelben, und von der Reſonanz.

war ein großer Liebhaber vom Scheiben-ſchießen, aber auch dabey ſehr podagraiſch. Er mochte oder wollte ſich keinen eigenen Mann halten, der ihm angezeigt hätte, ob er getroffen oder nicht getroffen hat. Er erfand alſo eine Methode die Scheibe ans Fenſter zu ziehen. Dieß bewerkſtelligte er mit einem Drath ohne Ende. Da hörte er denn, daß dieſer Drath zuweilen des Nachts die angenehmſten Töne gab. Dieß machte ſich ein gewiſſer Hauptmann Haas in Baſel zu Nutzen, und ſpannte mehrere Saiten von Eiſendrathe auf. Sie hatten eine Länge von 320 Fuß und eine Dicke von 1, $1\frac{1}{2}$ und 2 Linien, und tönten bey jeder Veränderung des Wetters; weßwegen er auch dieſer Vorrichtung den Nahmen der Wetterharfe gab.

Man hat ſich auch Mühe gegeben Menſchenſtimmen nachzuahmen. Die Akademie der Wiſſenſchaften zu Petersburg gab darüber eine Preisfrage auf, und Kra-

zenſtein zu Kopenhagen, erhielt den Preis. Allein es kam doch nie etwas rechtes zum Vorſchein. Wolfgang v. Kempelen's Schrift enthält viel Gutes über dieſen Gegenſtand. — Bisher kann alſo blos der Kuckuck auf den Uhren thieriſche Stimmen nachahmen. Man ſieht, es wäre von großem Nutzen, und vielleicht entdeckt es noch einmahl die Nachwelt. Da könnte man ſich die Predigten abſprechen laſſen, und brauchte vielleicht die Paſtöre gar nicht.

Schlüßlich noch etwas vom menſchlichen Ohr. Lichtenberg fand ſich vorher bey Demonſtrationen über das Ohr, in ſehr groſſer Verlegenheit, weil es äußerſt ſchwer hält, eine perſpektiviſche Zeichnung von den äußern Theilen des Ohres zu geben. Bey dem Auge iſt es ganz etwas anders. Da ſchneidet man nur in der Mitte durch, ſo kann man alles gut ſehen. — Dieß bewog ihn denn endlich Sömmering, — den größten Phyſiologen unſerer Zeit — zu

Mainz, bey ſeiner Anweſenheit zu Göttingen, zu erſuchen, ein großes menſchliches Ohr in Natura verfertigen zu laſſen, woran die innern Theile alle, nach den neueſten Entdeckungen, verhältnißmäßig angegeben wären. Dieß that er denn auch, und ſchickte ihm ein ſehr ſchönes, großes, von Keck, zu Mainz im Jahre 1791 gearbeitetes Ohr, wobey nun die Demonſtrationen ſehr leicht wurden. Als Brugmanns von Leiden, in Göttingen war, und Lichtenberg ihn ins Muſeum führte, fiel ihm nichts ſo ſehr auf, als dieſes Ohr. Vermuthlich, weil er ſich wohl auch zuweilen in ſolcher Verlegenheit befand, wie Lichtenberg.

Man theilt das Ohr am beſten, in das äußere, mittlere, und innere ein.

Das äußere Ohr (auris externa) beſteht aus folgenden Theilen: Helix, Anthelix, Scapha, Concha, Tragus, Antitragus. Hierauf folgt der meatus

auditorius bis zur membrana tympani, welches die Gränze zwiſchen dem äußern und mittlern Ohr macht.

Das mittlere Ohr (auris media) beſteht in der Pauckenhöhle, und hat folgende drey Theile, welche ossicula auditus (Gehörknöchelchen) heißen:

1. Hammer (malleus).
2. Ambos (incus).
3. Steigbügel (stapes).

Der Hammer iſt an dem Trommelfellchen mit ſeinem Stiele angewachſen, mit dem Kopf agirt er auf den Ambos. Dieſer articulirt mit dem Steigbügel, und dieſer ragt durch die fenestra ovalis in das Labyrinth hinüber. Von der fenestra ovalis iſt die fenestra rotunda ſehr wohl zu unterſcheiden. Sie liegt hinter jener. — Aus dem mittlern Ohr geht ferner noch die tuba Eustachii in den Mund hinüber.

Das innere Ohr (auris intima) oder das Labyrinth, beſteht aus folgenden Theilen:

1. Vestibulum (Vorhof).
2. Canales semicirculares (drey bogenförmige Gänge).
3. Cochlea (die Schnecke).

Achter Abſchnitt.

Vom Lichte.

Welch' ein wichtiger Gegenſtand der Natur das Licht für uns ſey, da es uns den Schauplatz der Welt aufſchließt, und bey weitem die allermeiſten Begriffe zuführt, bedarf wohl keiner Erinnerung. Ueber dieß herrſcht über dieſes wunderbare Agens noch eine große Dunkelheit. Man hat bis dieſe Stunde noch, faſt nur Muthmaßungen über die wahre Natur deſſelben.

Allgemeine Bemerkungen über das Sehen.

§. 297.

Lichtſtrahlen.

Wenn die Sonne über den Horizont herauf tritt, u. ſ. w. ſo werden wir mit unſerem Auge eine Menge Gegenſtände gewahr. Es entſteht alſo die Frage: Wie wird unſer Auge von dieſen Gegenſtänden gerührt? Zwiſchen uns und den Gegenſtänden, muß irgend ein Agens ſeyn, durch deſſen Einwirkung auf unſer Geſichtsorgan, die eigenthümliche Empfindung, die wir Sehen nennen, in uns bewirket wird: das iſt gewiß; darinn kommen alle Phyſiker überein, ſo wie in dem Nahmen, den man dieſem Agens gibt. Es heißt nähmlich das Licht, oder die Lichtmaterie, oder der Lichtſtoff. Aber

worinn dasſelbe beſtehe, und auf welche Art es auf unſer Geſichtsorgan wirke: darüber iſt man noch nicht einig. Wir werden weiter unten die vorzüglichſten Hypotheſen darüber näher beleuchten. Hier bemerken wir blos, daß die Luft jenes Agens nicht ſeyn könne, weil wir ja auch Körper ſehen, die ſich in einem völlig luftleeren Raume befinden.

Alle Phyſiker kommen auch darinn überein, daß das Licht, es möge übrigens worinn immer beſtehen, in geraden Linien, die man daher Lichtſtrahlen nennt, auf unſer Auge wirke. Man hat nähmlich die Erfahrung gemacht, daß, wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinſtertes Zimmer fällt, die Erleuchtung der hintereinander liegenden Lufttheilchen, eine gerade Linie bildet. Auch weiß man ja, daß man erleuchtete Gegenſtände nicht wahrnehmen könne, wenn die gerade Linie zwiſchen ihnen und unſern Augen un-

unterbrochen wird. — Dieß gewähret den erſtaunenden Vortheil, daß ſich die Unterſuchung der Geſetze des Lichts, ohne weiter Rückſicht auf das Weſen desſelben zu nehmen, auf Betrachtung gerader Linien d. i. auf Geometrie bringen läßt. Daher kömmt es denn, daß in der Lehre vom Licht ſo viel Mathematik vorkömmt.

Allein daraus, daß das Licht ſich in geraden Linien fortpflanzt, folgt keineswegs: daß wir einen Gegenſtand nur dann wahrnehmen, wenn ſich von demſelben, nach unſern Augen hin, eine gerade Linie ziehen läßt, die nirgends von einem andern Körper unterbrochen wird. Hier hat ſich Erxleben viel zu allgemein ausgedrückt. Einmahl ſollte es ſchon heiſſen: „von einem andern undurchſichtigen Körper;“ denn natürlich kann die Linie von durchſichtigen Körpern unterbrochen ſeyn, ohne das Sehen zu hindern. Dann aber ſehen

wir ja wirklich bey weitem mehr durch krumme Linien, ob ſie gleich in vielen Fällen ſehr wenig von den geraden abweichen. Man denke doch daran, daß wir alle Tage] die Sonne ſchon ſehen, wenn ſie noch nicht aufgegangen, und noch ſehen, wenn ſie ſchon untergegangen iſt. Man denke daran, daß der Schatten eines Körpers, wenn man einen Lichtſtrahl davon durch eine enge Oeffnung in ein verfinſtertes Zimmer fallen läßt, immer größer, als der Körper ſelbſt iſt — welches freylich erſt weiter unten ganz verſtändlich werden wird.

§. 298.

Feinheit der Lichtſtrahlen.

Die Lichtſtrahlen müſſen ungemein ſubtil ſeyn. Wenn man auf einem Thurme durch die geringſte Oeffnung eines Kartenblattes, mit einem Nadelſtiche, ſieht: ſo kann man die ganze Stadt überſehen. Alle

Strahlen aus dieſen Gegenſtänden müſſen durch dieſes Loch, und verwirren ſich doch nicht. Wären nun tauſend Menſchen auf dem Thurm, und ſehen ſo, durch ein durchſtochenes Kartenblatt, ſo würde noch immer derſelbe Fall bleiben. Hier ſteht der menſchliche Verſtand ſtille. Das geht über unſere Begriffe.

Weil nach dieſer Erfahrung, ein leuchtender oder erleuchteter Gegenſtand von allen Seiten geſehen werden kann, das Auge mag gegen denſelben was immer für eine Lage haben: ſo folget daraus, daß ſich von jedem Punkte dieſer Gegenſtände die Lichtſtrahlen nach allen Seiten zu, fortpflanzen müſſen, ſo wie die Radii einer Kugel vom Mittelpunkte nach der Peripherie, und daß daher der Theil von ihnen, der auf unſer Auge oder auf eine andere Fläche fällt, einen Strahlenkegel bildet, von dem das Auge oder die andere Fläche, worauf die

Strahlen fallen, die Grundfläche ausmacht.

§. 299.

Stärke des Lichts.

Sobald man annimmt, daß die Lichtſtrahlen einen Strahlenkegel bilden, ſo wird auch leicht begreiflich, daß dieſe Strahlen immer lockerer werden müſſen, je weiter man ſich von der Spitze des Kegels entfernet. Es ſey Fig. 49. ein ſolcher Strahlenkegel: ſo wird in der Stereometrie erwieſen, daß, wenn ſich die Linien a b, c d, e f, etc. die man ſich vom Mittelpunkt des Kegels auf eine Seite desſelben gezogen denkt, wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 verhalten, ſich die Zirkelflächen, wie 1, 4, 9, 16, 25, 36 und ſo weiter verhalten. Und daraus wird nun der Ausdruck verſtändlich: die Stärke des Lichts nimmt ab, wie das Quadrat der Entfernung zu-

nimmt. Wenn man alſo in einer einen Fuß weiten Entfernung vom Lichte, recht deutlich leſen kann, und in einer noch einmahl ſo großen Entfernung eben ſo deutlich leſen will, ſo muß man 4 Kerzen anzünden. — Hieraus iſt auch begreiflich, warum man die Sterne bey Tag nicht ſehen kann. Es ſey nähmlich ein Stern eben ſo groß und eben ſo glänzend als die Sonne, aber 400000 Mahl weiter, als ſie, von uns entfernt: ſo wird ſein Licht 400000 Mahl 400000 d. i. 160000 Millionen Mahl ſchwächer, als das Licht der Sonne ſeyn, und daher gegen daſſelbe ganz verſchwinden.

§. 300.

Parallele Lichtſtrahlen.

Alle Lichtſtrahlen, die unmittelbar auf unſer Auge wirken, ſind als divergirend zu betrachten. (§. 298.) Indeß wenn die Entfernung des leuchtenden Ge-

genſtandes 206264 Mahl größer iſt, als die Breite der Strahlen auffangenden Fläche, wird der Winkel, den die divergirenden Strahlen an der Spitze des Kegels machen ſo klein, daß er für uns ganz verſchwindet, und daß man alſo die Strahlen als parallel anſehen kann, ob ſie gleich in der That aus einerley Punkt herkommen. — Mittelbar — durch Spiegel und Linſen — entſtehen parallele Strahlen genug, ſogar auch konvergirende.

§. 301. 302.

Leuchtende und dunkle Körper.

Es gibt Körper, die für ſich allein geſehen werden können, und wiederum andere, die man nur durch Hülfe jener ſieht. Erſtere heißen leuchtende; letztere dunkle Körper. Ihre Erklärung richtet ſich nach der Hypotheſe, welche man über die

Natur und den Urſprung des Lichts annimmt.

§. 303.

Durchſichtige und undurchſichtige Körper.

Es gibt Körper, die ohne ſelbſt zu leuchten, das Licht durch ſich hindurch laſſen; andere nicht. Jene heißen durchſichtige; dieſe undurchſichtige Körper. Die Durchſichtigkeit der Körper iſt eins der ſchwereſten Probleme in der Phyſik und bis jetzt noch immer nicht genügend aufgelöſt. Bey der Theorie des Lichts wird darüber etwas vorkommen.

§. 304. 305.

Schatten und Halbſchatten.

Wird das Licht in ſeinem Fortgange durch einen undurchſichtigen Körper aufgehalten, ſo entſtehet der Schatten.

Der Halbſchatten findet nur bey großen Körpern ſtatt, bey phyſiſch kleinen Punkten gibt es keinen. Man kann ſich die Sache folgendermaßen am beſten vorſtellen. Es ſey Fig. 50. E F eine brennende Kerze, A G eine Wand: ſo iſt von A bis B ganzer Schatten, von B bis C Halbſchatten, von C bis D volles Licht.

§. 306.

Fixirtes Licht.

Der Bononiſche Stein iſt eigentlich Schwerſpath, beſteht alſo aus Schwererde und Vitriolſäure. Wenn er kalzinirt wird, ſo erhält er die Eigenſchaft des Lichteinſaugens. Man nennt ihn deßwegen den Lichtmagnet. Das Mondlicht hat nicht die mindeſte Wirkung auf ihn. — Ob er mit Recht Lichtmagnet heiße?

Theorie vom Lichte.

§. 307.

Meinungen der Alten.

Pythagoras (geſtorb. 500 J. vor Chr.) und nach ihm die Pythagoräer, glaubten, daß ſich von der Oberfläche der Gegenſtände immer Theile abſonderten, die ins Auge kämen.

Demokrit (geſt. 380 J. v. Chr.) und Epikur, (geſt. 270 J. v. Chr) waren der Meinung, daß das Sehen durch feine Bilderchen, die von den Gegenſtänden immerfort ins Auge flöſſen, geſchehe. Siehe Lucret. de rer. nat. II, 4.

Empedokles, (um d. J. 444 v. Chr.) Plato (geſt. 345 J. v. Chr.) und Hipparch (um d. J. 160 v. Chr.), dachten ſich ſowohl aus den Augen, als aus den Gegenſtänden Ausſtrömungen von Licht. Bey-

de begegnen einander und empfehlen ſich dann.

Ariſtoteles (geſt. 320 J. v. Chr.) Meinung iſt unbeſtimmt. Er ſagt, (de anima lib. 11. cap. 2.) daß zwiſchen dem leuchtenden Körper und dem ſinnlichen Organ ein Mittel ſeyn müſſe, ſo wie beym Schall und Geruch, und daß, wenn ein Vakuum zwiſchen beyden ſtatt fände, wir gar nichts ſehen würden.

Die Stoiker, deren Ahnherr Zeno von Cittium (geſt. 263 J. v. Chr.) iſt, behaupteten, daß das Licht aus den Augen ausflöße, ſich zwiſchen demſelben und den Gegenſtänden kegelförmig verbreite, und daß man alſo damit, wie durch einen Stab — wie durch Schneckenhörner — die Gegenſtände befühle. Bekanntlich hat in den neueren Zeiten, der famoſe Marat, dieſe Hypotheſe, als ſeine eigne Erfindung wieder aufgewärmt. Laplace der große Mathematiker gab ihm einmahl eine Ohrfeige.

Da ſagte man: das möchte wohl das Licht geweſen ſeyn, das aus ſeinen Augen ſprang. — Er ſtellte ſich nähmlich vor, daß, wenn wir wohin ſehen, ſo flöße gleichſam das Feuer aus unſern Augen hin auf die Gegenſtände, und machte uns dadurch dieſelben ſichtbar.

Bey den Römern iſt nichts zu hohlen. Sie behalfen ſich mit den von den Griechen entlehnten Syſtemen und Hypotheſen.

§. 308. 309.

Emanazions-Syſtem.

Newton war in ſeinen früheren Jahren dem Vibrationsſyſtem zugethan. Allein die Schwierigkeiten, die er bey demſelben entdeckte, bewogen ihn, es zu verlaſſen und die Analogie, die er zwiſchen den Erſcheinungen des Lichtes, und anderen Wirkungen der Materien wahrnahm, brachten ihn zuerſt auf den Gedanken, daß das Licht

wohl etwas Materielles ſeyn möchte, das aus der Sonne und anderen leuchtenden Körpern gleichſam ausſtröme. Der große Mann wagte es nicht, dieſen Gedanken für Gewißheit auszugeben, und ein Syſtem darauf zu bauen. Er wollte bey dem quid ſtehen bleiben, weil das quomodo immer Hypotheſen erforderte, und; — ſetzte er hinzu — hypothesin non fingo. Er begnügte ſich daher blos, durch die ſorgfältigſten Verſuche und Beobachtungen, die Möglichkeit gezeigt zu haben, daß das Licht etwas Materielles ſeyn könne.

Allein nach ihm ward auf ſeine Meinung ein Syſtem gebaut, das von ihm den Nahmen des Newtonſchen, oder des Emanazionsſyſtems führt, und das im Weſentlichen aus folgenden Hauptſätzen beſteht:

1. Das Licht iſt etwas Materielles, ein Fluidum ganz eigener

Art. Zu dieſer Annahme berechtigen ſo viele Erſcheinungen des Lichts, nach welchen dasſelbe eben den Geſetzen unterworfen iſt, an welche alle übrigen Körper gebunden ſind. Bey der Reflexion des Lichts, und vorzüglich bey der Berechnung desſelben und bey der Zerlegung des weißen Lichtſtrahls in mehrere farbige, wird hierüber ausführlicher geſprochen werden. — Zu dieſer Annahme berechtigen ferner, ſo viele Wirkungen des Lichts, welche die Materialität desſelben vorausſetzen. Auf einen Umſtand wurde ſchon oben bey dem Sauerſtoffgaſe aufmerkſam gemacht, daß dasſelbe nähmlich aus gewiſſen Pflanzen, nur durch den Einfluß des Sonnenlichts erhalten werden kann. Eben ſo bleiben die Pflanzen weiß, wenn ſie dem Sonnenlichte nicht ausgeſetzt werden, und das Hornſilber wird ſchwarz, wenn es demſelben ausgeſetzt iſt. — In Anſehung der näheren Beſchaffenheit des Luftflui-

dums, kommen alle Newtonianer darinn überein, daß es ein äußerſt ſubtiles, diſkretes und ein aus Theilchen von verſchiedener Art gemiſchtes Fluidum ſey. Die Subtilität deſſelben iſt ſo groß, daß ſie durch keine unſerer Waagen beſtimmt werden kann. Indeß daran wird ſich wohl Niemand ſtoſſen. Es iſt ja noch gar nicht ausgemacht, ob alle Materie wirklich ſchwer ſey; es iſt ſogar wahrſcheinlich, daß es Materien gebe, die nicht ſchwer ſind. Doch geſetzt, dieß wäre nicht, ſo ſind es ja nur unſere Waagen, auf welche das Lichtfluidum nicht wirkt. — Haben wir endlich nicht ein Analogon an der Magnetiſchen Materie? Iſt ſie ein Fluidum, wie man allgemein annimmt, ſo muß ſie ja noch viel feiner ſeyn, als die Lichtmaterie, weil ſie durch alle Körper wirkt. Hält man z. B. einen Magnet an die eine Seite ſeines Kopfes und eine Magnetnadel an die andere: ſo leidet die letztere eben die Verän-

derungen, als wenn der Kopf nicht dazwiſchen wäre. Und doch wird man von alle dem nicht das geringſte gewahr.

Man denkt ſich ferner das Lichtfluidum, als eine diskrete Flüßigkeit, d. h. deren Theilchen durch große Zwiſchenräume von einander abgeſondert ſind, und keinen ununterbrochenen Strom ausmachen.

Man denkt ſich endlich das Lichtfluidum, als ein aus Theilchen von verſchiedener Art gemiſchtes Fluidum. Hierauf gründet ſich die Farbenlehre nach Newton. Die verſchiedenen Arten von Licht zuſammen genommen, machen das weiße Licht aus. Wird dieſes durch Brechnung in ſeine verſchiedene Beſtandtheile zerlegt, ſo zeigen ſich die verſchiedenen Farben.

2. Das Lichtfluidum ſtrömt aus der Sonne, als ſeiner vorzüglichſten Quelle, unaufhörlich, nach allen Seiten, in gradlinig-

ter Richtung und mit unbeſchreib- licher Geſchwindigkeit aus. — Auf die Sonne, als auf die Urquelle des Lichts, für alle ihre Planeten, und nahmentlich für unſere Erde und den Mond, weiſet gleichſam der Augenſchein und die Erfahrung aller Zeiten hin. — Eben dieſe Erfahrung ſpricht auch dafür, daß jene Quelle unaufhörlich fließe, nach allen Seiten fließe, und in geradlinigter Richtung fließe. Die unbeſchreibliche Geſchwindigkeit des Lichts iſt vollends eine mathematiſche Thatſache. Es legt den Weg von der Sonne zu unſerer Erde, der bekanntlich 21 Millionen Meilen beträgt, in 8 Minuten und 7½ Sekunden zurück, und macht alſo in jeder Sekunde einen Marſch von 43 Tauſend Meilen.

3. Die Gegenſtände auf welche das Lichtfluidum ſtrömt, werden dadurch zu einer neuen Licht-

quelle für andere Gegenſtände und für unſere Augen. — Das Licht nähmlich, das von jenen Gegenſtänden nicht durchgelaſſen oder eingeſogen wird, wird zurückgeworfen, ſtrömt nun eben ſo, wie das Sonnenlicht, aus allen Punkten des ſichtbaren Gegenſtandes gegen alle Seiten zu, in geradlinigter Richtung aus, und bewirkt ſo die Geſichtsempfindungen, Erleuchtung, Helligkeit u. ſ. w.

Man hat verſchiedene Einwendungen gegen dieß Emanazionsſyſtem erhoben, aber dasſelbe bis jetzt nicht umzuſtoſſen vermocht. Die vorzüglichſten Gründe dagegen ſind folgende:

1. Die Sonne müßte durch das unaufhörliche Ausſtrömen einer Materie aus allen ihren Punkten, und nach allen Seiten längſt erſchöpft ſeyn. Ein kindiſcher Einwurf — möchte man ſagen, ob er gleich von Euler ſelbſt herrührt. Es ſollte wohl

lange dauren, bis man eine verſpüren würde. Das Licht iſt äußerſt ſubtil und die Sonne ſo ungeheuer groß. Ihr Durchmeſſer verhält ſich zum Durchmeſſer der Erde, wie 112 : 1. Es kann alſo Millionen Jahre dauern, ehe man es wahrnehmen wird. Man denke doch an den Moſchus. Ein gewiſſes Gewicht davon unter Briefe gelegt, leidet keine Abnahme und doch riechen die Briefe noch in zehn Jahren darnach. — Und wie lange hat man denn die Sonne gemeſſen? Wer weiß, wie lange ſie geſtanden hat? Im Jahr 1609 wurden ja erſt die Fernröhre erfunden, und lange nachher erſt Meſſungen angeſtellt. — Ueberdieß kann ja die Sonne anders woher Licht erhalten. Die Fixſterne ſind ja alle miteinander verbunden. Vielleicht führen ihr Kometen Licht zu, die ſich in dieſelbe ſtürzen. So verſchwand ihm J. 1572 ein Stern in der Kaſſiopeja. Er wurde immer gröſſer und auf einmahl war er nicht mehr zu ſe-

hen. — Und kann denn die Sonne, nicht eben ſo, wie die Johannis-Würmchen und andere ſelbſtleuchtende Körper, ihr Licht ſelbſt entwickeln? Kann ſich nicht entweder in derſelben oder auf derſelben, oder um dieſelbe, ein großes Lichtlaboratorium befinden? — Aber geſetzt auch, daß die Sonne abnähme! Was wäre es denn? Sie könnte ja eben ſo gut veralten, wie der Menſch. Und der Menſch iſt vor Gott, gewiß eben ſo viel werth als die Sonne.

2. Die Lichtſtrahlen würden ſich durch ihre Durchkreutzungen in ihrer Bewegung aufhalten und in ihrer Richtung ſtören. Dieſer Einwurf iſt ſchon etwas wichtiger. Allein man antwortet darauf, theils mit der Subtilität der Lichtſtrahlen, theils, daß ſie eine diskrete Flüſſigkeit ſeyn könne. Wir kennen ja die Subtilität der Lichtſtrahlen nicht, können uns alſo dieſelbe ſo groß, als wir wollen, denken. Sie

können alſo vielleicht Raum genug haben. Hier zeigt ſich recht der Nutzen von der unendlichen Theilbarkeit. — Was die Diskrezion der Lichtſtrahlen betrifft: ſo iſt es ja gewiß, daß ſich das Licht allmählig fortpflanze. Es braucht, wie ſchon erinnert wurde, 8 Minuten, um von der Sonne, die 21 Millionen Meilen von uns entfernt iſt, zu uns herab zu kommen. Nun nimmt man an, daß das Auge den Eindruck des Lichtes ½ Sekunde lang erhalten kann. Man ſieht dieß, wenn man eine glühende Kohle in der Hand ſchwingt. Es ſcheint ein ununterbrochener Kreis gebildet zu werden. Man ſieht dieß ferner, wenn man ein durchlöchertes Blech auf etwas Gedrucktes legt. Hält man es ſtill, ſo kann man nichts leſen; fährt man aber mit dem Blech hin und her auf dem Papier, ſo kann man leſen. — Nun in einer halben Sekunde legt das Licht, von der Sonne zu uns herab, 21 Tauſend Meilen zurück. Die Theilchen der Lichtſtrahlen können daher in einem

Zwiſchenraume von 21 Tauſend Meilen von einander abſtehen und unſerem Auge würde es doch noch ſcheinen, als ob ſie beyſammen wären, oder ein Kontinuum bildeten.

3. Die durchſichtigen Körper müßten alle in geradlinigen Gängen, nach allen Richtungen ſo durchbohret ſeyn, daß für die undurchdringliche Materie derſelben kein Raum übrig bliebe. Unſtreitig der ſtärkſte Einwurf gegen das Emanazionsſyſtem. Allein man kann immer darauf antworten: wir kennen die Beſchaffenheit der kleinſten Theilchen der Körper und die Art ihres Zuſammenhangs nicht — worauf unſtreitig ihre Durchſichtigkeit beruht. Auch der dichteſte Körper, den wir kennen, kann noch ſo locker ſeyn, daß er für die ſubtile Lichtmaterie eine Art von Sieb bildet und alſo undurchdringliche Materie genug noch übrig behält. — Die Undurchſichtigkeit ſo mancher lockeren Körper erklärt

man recht gut aus der nähern Verwandtſchaft der Theilchen derſelben zum Lichte, nach welcher dasſelbe entweder verſchluckt oder zurückgeworfen wird. — Was die Eulerianer damit ſagen wollen, daß manche Körper dadurch durchſichtiger werden, wenn man ihnen eine größere Dichtigkeit gibt, ſieht man gar nicht ein. Es iſt wohl wahr, daß das Papier z. B. durchſichtiger wird, wenn man es in Waſſer oder Oehl tränkt, aber es iſt auch eben ſo wahr, daß z. B. der Schaum undurchſichtig iſt, der doch aus Waſſer und Luft beſteht, die beyde durchſichtig ſind. *)

---

*) Youngs Einwürfe gegen das Emanazionsſyſtem, in ſeiner, bey der Lehre vom Schalle, angeführten Unterſuchung über Schall und Licht, erlebte Lichtenberg nicht mehr. Sie ſind von der gleichförmigen Geſchwindigkeit, womit das Licht von allen leuchtenden Körpern ausſtrömen ſoll, und von der parzialen Zurückwerfung, mit welcher jede

§. 310.

Karteſius Meinung.

Karteſius nahm an, daß der ganze Weltraum mit vollkommen harten Kügelchen ſeines zweyten Elements angefüllet ſey. Durch die beſtändig ſich bewegenden Theilchen der leuchtenden Körper werden dieſe Kügelchen geſtoſſen, und da es zwiſchen ihnen keinen leeren Raum gibt, ſie ſich alſo immer auf das genaueſte berühren, ſo pflanzen ſie den Stoß durch geradlinigte Reihen, in einem Augenblicke, auf eben die Art fort, wie das letzte Ende eines Stabes bewegt wird, den man an ſeinem obern Ende fortſtößt. —

Dieſe Meinung verdient keine Widerlegung mehr; aber hiſtoriſch bleibt ſie im-

---

Brechung verbunden iſt, hergenommen. Erſtere ſey ganz widerſprechend, nnd letztere, nach dem Emanazionsſyſteme, durchaus nicht erklärbar.

mer merkürdig, weil ſie die Grundfeſte des Vibrazionsſyſtems wurde.

§. 311. 312.

Vibrazionsſyſtem.

Das Vibrazionsſyſtem — das ſchon vor Euler, von Huyghens und Hooke vorgetragen, von jenem aber nur weiter auseinander geſetzt wurde, — beruht auf folgenden Grundſätzen:

1. Es gibt eine durch den ganzen Weltraum verbreitete, äuſſerſt feine, flüſſige und elaſtiſche Materie — Aether genannt. — Die Elaſticität derſelben iſt wenigſtens 1000 Mahl größer, als die der Luft, und vermöge dieſer Elaſticität bleibt der Aether nicht bloß über unſerer Atmoſphäre, ſondern durchdringt ſie allenthalben, und bahnt ſich einen freyen Durchgang durch die Poren aller Körper.

2. Auf die Theilchen dieſer Materie ſchlagen die leuchtenden Körper, indem ſie zittern, eben ſo, wie die ſchallenden Körper auf die Luft ſchlagen. — Euler ſtellt ſich eine an beyden Enden befeſtigte Saite vor, die, nachdem ſie auf der einen Seite iſt angezogen und wieder losgelaſſen worden, auf der andern wieder ſo weit hinaus ſchnellet und dadurch die elaſtiſche Materie, ſo ſie vor ſich findet, in Bewegung ſetzt. Das Theilchen, ſo der zurückſchnellenden Saite im Wege liegt, wird zuſammengedrückt; dieſes drückt das zunächſt vor ihm liegende zuſammen; und ſo geht es bis auf eine gewiſſe Weite von der Saite fort, daß die Kügelchen immer weniger und weniger zuſammengedrückt werden, bis auf das letzte, welches gar keine Zuſammendrückung leidet. — Indem ſich aber nachgehends das erſte zuſammengdrückte Kügelchen wieder ausdehnt: ſo drückt es auf alle folgende

und treibt ſie fort; daher denn das vorerwähnte letzte Kügelchen eben dieſe Veränderung leidet. Alſo befindet ſich dieſes Kügelchen nun in den Umſtänden, in denen ſich zuvor das erſte befand, und erregt folglich eben dergleichen Bewegung in einer Menge Kugeln vor ihm, die bis auf eine gewiſſe Weite von ihm entfernt liegen. Das Kügelchen, das am Ende dieſer Reihe lag, die von dem vorigen letzteren in Bewegung geſetzt wurde, kommt alſo bey der Ausdehnung des vorigen letzten, wieder in die Umſtände, in denen das vorige bey der Ausdehnung des erſten war u. ſ. w.

3. Lichtſtrahlen ſind daher eine Reihe von Schlägen auf den Aether, die ſich bis zu unſerem Auge fortpflanzen. — Und ſo ſind denn nach dem Vibrazionsſyſteme, leuchtende Körper diejenigen, die durch ihr immerwährendes Schlagen dem Aether ringsherum Schläge mittheilen und ihn erſchüt-

tern; ſpiegelnde Körper diejenigen, von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurückfahren; durchſichtige diejenigen, welche die Schläge des Aethers durch ſich hindurch fortpflanzen; und undurchſichtige diejenigen, welche durch den erſchütterten Aether ſelbſt zu einem Zittern gebracht und dadurch in den Stand geſetzt wurden, den ſie berührenden Aether minder in Bewegung zu ſetzen.

Gegen das Vibrazionsſyſtem ſind folgende Einwürfe, die bisher noch Niemand beantwortet hat:

1. Der Schall pflanzt ſich nicht allein in gerader Linie, ſondern auch von der Seite fort; man ſieht aber nur in gerader Linie. Und mit dieſem Vibrazionsſyſtem ſoll ſichs doch wie bey dem Schalle verhalten. — Daß ſich der Schall nicht allein in gerader Linie fortpflanze, ſieht man am beſten bey einem Sprachrohre. Man braucht nicht in

derſelben Richtung zu ſtehen, in welcher das Sprachrohr iſt, um das Geſagte zu verſtehen. — Daß ſich aber die Lichtſtrahlen in gerader Linie fortpflanzen, iſt offenbar. Es würde ja ſonſt keine Totalſonnenfinſterniße, ja gar keine Nächte geben. Man höret auf der See kanoniren, wenn die Schiffe ſchon weit unter dem Horizonte ſind. Nach dem Vibrazionsſyſteme müßte man ſie da auch ſehen können.

2. Die Lehre von der Refraktion der Lichtſtrahlen läßt ſich durchaus nicht nach der Eulerſchen Theorie erklären, wenn man nicht neue Hülfsfiktionen annehmen will. Hingegen an die Newtonſche Hypotheſe ſchließt ſich dieſe Lehre ungezwungen an. Dieß aber kann freylich erſt weiter unten deutlich gemacht werden.

3. Es iſt ganz unverkennbar, daß das Licht bey ſehr vielen Naturprozeſſen, als etwas körper-

liches mitwirkt. Wie in aller Welt könnte man den Einfluß des Sonnenlichtes z. B. auf die Pflanzen und auf das Hornſilber, und ſo viele andere Dinge mehr, nach der Eulerſchen Theorie erklären!

§. 313.

Werth beyder Theorieen.

Will man ja eine Gleichheit zwiſchen beyden Theorieen ſuchen: ſo kann es bloß die Hellheit betreffen. Dieſe läßt ſich aus einer ſo gut als aus der anderen erklären. Sonſt gebühret offenbar der Newtonſchen der Vorzug. Wenigſtens iſt ſie das beſte Bild, unter welchem man ſich die Sache vorſtellen kann.

Eigenſchaften des Lichts.

1. Rektprogreſſion der Lichtſtrahlen.

(Gradlinigte Fortpflanzung — Optik.)

Begriff, Daſeyn, Geſetz und Wirkung dieſer Eigenſchaft der Lichtſtrahlen iſt be-

kannt und auch ſchon erwähnet worden. Es iſt alſo nur noch das zu berühren: was wir in Anſehung der Größe, Geſtalt, Entfernung u. ſ. w. der Körper ſehen. Und dieß iſt um ſo nöthiger, da hiegegen am meiſten in Schriften und im gemeinen Leben angeſtoſſen und geſündiget wird.

§. 314.

Sehewinkel oder ſcheinbare Größe.

Der Sehewinkel oder die ſcheinbare Größe (im Gegenſatze der abſoluten Größe) iſt derjenige Winkel, den zwey Lichtſtrahlen, die von den beyden äußerſten Enden eines Gegenſtandes ausfahren, mit dem Auge bilden. — Alle Dinge, die unter einem Winkel erſcheinen, haben einerley ſcheinbare Größe; die abſolute Größe muß erſt durch Meſſungen ausgemacht werden.

So hat alſo Sonne und Mond unter Einem Winkel einerley ſcheinbare Größe. Denkt man ſich eine Reihe von Pfeilen unter einerley Winkel: ſo haben ſie alle einerley ſcheinbare Größe.

§. 315.

Größe der Gegenſtände.

Da die Größe der Gegenſtände, wie ſie dem Auge erſcheint, nicht allein von ihrer wahren Größe, ſondern auch von ihrer Entfernung vom Auge abhängt: ſo fragt ſich's: in welcher Entfernung verſchwinden die Gegenſtände? Wenn man blau und gelb vermiſcht, nahe vor das Auge hält, ſo bemerkt man dieſe Miſchung; in einiger Entfernung aber erſcheint ſie grün. Die Lichtflamme ſieht man des Nachts ungeheuer weit; bey Tage nicht einmahl Silber und Gold ſo weit. — Tobias Mayer hat hierüber vortreffliche Verſuche ange-

ſtellt. Er fand aus einer Miſchung von Farbenquadrätchen, wo weiſſe und ſchwarze Quadrätchen mit einander abwechſelten, daß die Gegenſtände verſchwinden, wenn der Sehewinkel bis zu $\frac{2}{3}$ oder zur Hälfte einer Minute abnimmt. Er ging nähmlich immer weiter zurück, bis er die Farben nicht mehr unterſcheiden konnte. Da ihm nun der Durchmeſſer der Quadrätchen bekannt war, und die Entfernung des Auges von denſelben gemeſſen werden konnte: ſo beſtimmte er auf dieſe Art die Größe des Sehewinkels, unter welchem die Gegenſtände dem Auge verſchwinden. — Lichtenberg zeigte das Original der von Mayer angegebenen und von Meiſter gezeichneten Quadrätchen vor, mit welchem dieſe Verſuche von dem erſteren angeſtellt wurden.

Es ereignen ſich in Anſehung des Verſchwindens der Gegenſtände, in einer gewiſſen Entfernung, ganz ſeltſame Erſcheinungen. Man ſieht auf einem Bogen Pa-

pier, einen ſchwarzen Punkt in einiger Entfernung nicht; zieht man aber eine Linie dazu, ſo ſieht man ihn. — Eben ſo ſieht man einen Strick in der Ferne, ob man gleich einzelne Theile deſſelben nicht ſehen würde. — So ſieht man auch Sterne von 5ter und 6ter Größe, wenn ſie neben einem großen Stern ſtehen, die man ſonſt nicht ſehen würde. — So ſah Lichtenberg von ſeinem Gartenhauſe aus, hinter Bovden, zwiſchen dem grünen Felde die gelben Blümchen, die er einzeln gewiß nicht würde geſehen haben. — Dieß Alles iſt in der That nicht ſo leicht zu erklären, als man Anfangs denken ſollte. Die Linie, der Strick u. ſ. w. beſteht ja aus einzelnen Punkten und Theilen.

§. 316. 317.

Entfernung der Gegenſtände.

Auf den Umſtand, daß wir die Entfernung eines Gegenſtandes, auch aus

der Menge der Dinge ſchließen, die wir zwiſchen ihm und uns erblicken, gründet ſich das bekannte Phänomen, daß der Mond, wenn er Abends über den Horizont herauf kömmt, ſo groß — „wie ein Mühlrad," hingegen im Meridian, viel kleiner erſcheint. Eigentlich iſt er vielmehr am Horizont kleiner, als im Meridian. — Daß die Dünſte oder die Luft hievon die Urſache ſeyen, iſt leeres Geſchwätz. Die wahre Urſache iſt vielmehr: es iſt Raiſonnement. Wir können durchaus nicht Entfernungen ſehen, ſondern ſchließen ſie blos. Es gehöret aber viel Uebung dazu, Empfindung und Räſonnement von einander zu trennen. Man zeichne ſich doch den Mond, ein Mühlrad, einen Teller, und einen Mattir, *) unter einerley Sehewinkel. Was in aller Welt hat man nun für ein Recht, den Mond oder das Mühlrad für größer zu halten, als den Mattir? Un-

*) Eine kleine ſilberne Scheidemünze im Hannöveriſchen.

ſer Urtheil richtet ſich ja blos nach dem Bilde auf der Tunika retina, und auf dieſer erſcheinen alle dieſe Gegenſtände gleich groß. Man kann ja mit einem Mattir den halben Himmel bedecken. — Daß man nun aber doch das Mühlrad oder den Teller für größer hält, als den Mattir, iſt ein bloßer Vernunftſchluß. Der Teller war einmahl weiter von uns entfernt, als der Mattir, wir mußten die Hand darnach ausſtrecken, wir gingen vorbey: nun ſehen wir beyde unter einerley Winkel, und ſchließen alſo, daß der Teller größer ſeyn müſſe. — Bey dem Mond nun ſind die nahen Berge, Bäume, Häuſer oder andere Gegenſtände die Urſache, daß er uns am Horizonte größer erſcheint. — Hiezu kömmt noch der Umſtand, daß wir aus der nähmlichen Urſache, den Himmel nicht für eine Halbkugel, ſondern für ein Taſchenuhrglas halten. Verlangt man daher von Jemanden, er möchte 45° am Himmel zeigen, ſo

zeigt er gewöhnlich 30° und alſo viel niedriger. Er halbirt nähmlich den Bogen vom Taſchenuhrglas, und nicht den Bogen von der Halbkugel. So muß ihm nun natürlich auch der Mond im Horizonte viel größer vorkommen, als im Meridian, weil ihm jener viel weiter entfernt zu ſeyn ſcheint, als dieſer. — Mit einer Zeichnung kann man ſich die Sache recht ſinnlich machen.

Ein Paar Beyſpiele werden dieß noch deutlicher machen, die Lichtenberg ſelbſt erfuhr. Er war einmahl zu London in einer italieniſchen Oper. Es wurde ein prächtiger Tempel vorgeſtellt, deſſen hinterſte Säulen ſich weit, weit zurück verloren. Wie er ſo die Pracht des Tempels anſtaunte, kam ein Hund über das Theater im Hintergrunde desſelben gelaufen. Der ſah aus wie ein Elephant und es entſtund ein allgemeines Gelächter darüber. Man verglich ihn nähmlich mit den hinterſten Säulen. — So iſt es nun gerade auch bey dem Monde.

Ein anderes Beyſpiel. Lichtenberg wohnte vorhin in einer ſehr hohen Etage, wo alſo auch das Privet ſehr tief war. Einmahl kam er in ein Privet von einer niederen Etage, ſah da die halben Bogen liegen, und wunderte ſich über die Unſparſamkeit der Leute.

Merkt man ſich nur ein paar ſolcher Beyſpiele, ſo wird man es am Ende recht leicht begreifen, daß man Entfernungen durchaus nicht ſehen könne. — So kommen einem auch von einem Berge oder von einem Thurme die Leute unten viel kleiner vor. Allein auſſer der ſchon angeführten Urſache kömmt noch die hinzu, daß wir nicht gewohnt ſind, von ſo hohen Gegenſtänden hinab zu ſehen.

§. 318.

Geſtalt der Gegenſtände.

Wir ſehen von den Körpern bloß ihre Gränzen oder Flächen. Je nachdem uns alſo die Größe und die Entfernung dieſer

Gränzen erſcheinen: erſcheint uns auch die Geſtalt dieſer Körper und es finden in Anſehung derſelben ebenfalls wieder die mannigfaltigſten Trugſchlüſſe Statt.

§. 319. 320.

Bewegung der Gegenſtände.

Eine Bewegung wird durchaus nicht geſehen, ſondern bloß geſchloſſen. Indeß, wenn die Zeit ſehr kurz iſt, während welcher man einen Körper an verſchiedenen Orten ſieht: ſo pflegt man auch zu ſagen: man ſehe die Bewegnng. Und da entſteht dann die Frage: Wie groß muß eine Bewegung oder Geſchwindigkeit ſeyn, die man ſehen kann; Die Bewegung des Minutenzeigers ſieht man, aber nicht jene des Stundenzeigers. Wie langſam muß alſo etwas gehen, damit es ausſieht, als ob es ruhte? Man hat dieß auf folgende Art zu berechnen geſucht. Wenn

man einen Stern im Aequator z. B. den oberſten im Jakobsſtab des Orion eine Sekunde lang betrachtet, ſo kann man nicht bemerken, daß derſelbe während dieſer Zeit fortrücke. Demungeachtet aber, rückt dieſer Stern innerhalb einer Sekunde um einen Winkel von 15 Sekunden fort. Alſo wird ein Gegenſtand dem Auge ſtille zu ſtehen ſcheinen, wenn ſein Weg, den er in einer Sekunde durchläuft, im Auge einen Winkel von 15 Sekunden macht. Nun ſtellt die Entfernung des Stern vom Auge den Coſinus des Winkels, die Fortbewegung aber in einer Sekunde, den Sinus deſſelben vor, und aus der Trigonometrie iſt bekannt, daß $\text{Tang. } x = \frac{\text{Sin. } x}{\text{Cos. } x}$ ſeye. Der Sinus des Winkels von 15 Sekunden iſt aber = 7273 und der Cos. = 10,000000. Folglich wird ein Gegenſtand dem Auge ſtille zu ſtehen ſcheinen, wenn ſich ſein wahrer Weg zu ſeiner Entfernung wie 7273 :

10,000000 oder faſt wie 1 : 1375 verhält. — Allein man ſieht gleich, daß dieß keine allgemeine Regel geben kann. Mancher ſieht ſchärfer als der andere u. ſ. w.

2. Reflexion der Lichtſtrahlen.

(Zurückwerfung — Katoptrik.)

Beyweitem das Allermeiſte, was über dieſe Eigenſchaft der Lichtſtrahlen geſagt werden kann, gehört in die angewandte Mathematik. Daher ſoll es denn auch hier nur ganz ſummariſch abgehandelt werden.

§. 321.

Geſetz der Reflexion.

Die Lichtſtrahlen, wenn ſie reflektirt werden, werden ſo reflektirt, wie die Körper beym Stoße und wie die Schallſtrahlen. Nähmlich der Angulus incidentiä iſt immer dem Angulo reflexionis geich, wenn man in dem Einfalls-

punkt ein Loth errichtet. — In Fig. 51. iſt A B die *reflektirende Fläche* (planum reflectens) E C der *einfallende Strahl* (radius incidens) C D der *reflektirte Strahl* (radius reflexus), C F das *Einfallsloth* (cathetus incidentiae) o der *Einfallswinkel* (angulus incidentiae) p der *Reflexionswinkel* (angulus reflexionis). Sehr oft werden auch die Winkel x und y — die bey ebenen Spiegeln ebenfalls einander gleich ſind — mit dem Nahmen des Einfalls- und Reflexionswinkels belegt. — Die Ebene durch das Einfallsloth C F und dem einfallenden Strahl E C heißt die *Zurückwerfungsebene* (planum reflexionis).

Hieraus läßt ſich der Weg leicht beſtimmen, den ein einfallender Strahl auf was immer für eine reflektirende Fläche — auf eine ebene oder krumme — nach ſeiner Zurückwerfung nehmen wird. Man errichte nähmlich in dem Einfallspunkte des Strahls

ein Perpendikel, und mache jenſeits desſelben einen eben ſo großen Winkel als dießſeits iſt: der Schenkel jenes Winkels iſt der Weg, den der zurückgeworfene Strahl nimmt.

§. 322.

Theorie der Reflexion.

Man wollte dieß Geſetz der Reflexion, nach Analogie des Geſetzes beym Stoße elaſtiſcher Körper, durch Kügelchen erklären. Allein es iſt gerade ſo, als wenn man auf dem Billard, Tabatieren, Tintenfäſſer, Brillen u. ſ. w. ſtieße, und nun noch verlangte, daß die Zurückwerfung derſelben eben ſo regelmäßig erfolgen ſolle, als die Zurückwerfung der elfenbeinernen Kugeln. —

Weit glücklicher leitet Newton die Reflexion der Lichtſtrahlen von einer Repulſionskraft der Fläche her, auf welche dieſelben fallen, und zeiget, daß ihr Zurückwerfen nicht wirklich auf der Oberfläche

der reflektirenden Körper geſchehe, ſondern daß ſie vor der Zurückwerfung erſt gekrümmt und ſodann reflektirt werden.

Es ſey L M T S (Fig. 52.) ein reflektirender Körper, L M ſeine reflektirende Fläche, A I ein ſchief darauf fallender Lichtſtrahl, und C D die Gränze, bis zu welcher ſich die Repulſionskraft des reflektirenden Körpers erſtreckt. Die Bewegung des Strahls A I kann zerlegt werden, in die Paralellkraft P A und in die Perpendikularkraft P I. Nur die letztere erfährt einen Widerſtand durch den reflektirenden Körper. Je mehr alſo der Lichtſtrahl A I unterhalb C D ſich der Fläche L M nähert: deſto mehr wird ſeine Bahn gekrümmt und er beſchreibt nun die krumme Linie I O. In O iſt die Perpendikularkraft P I des Lichtſtrahls ganz aufgehoben und die Krümmung desſelben ſo ſtark, daß er mit der reflektirenden Fläche L M eine parallele Richtung hat. Nun kann er ſich alſo derſelben nicht weiter nä-

hern, ſondern beſchreibt zurückweichend, nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte, eine zweyte, der erſten gleiche und ähnliche Hälfte ſeiner krummlinigten Bahn, nähmlich O H, und wenn er bey H, aus dem Wirkungskreiſe des reflektirenden Körpers getreten iſt, geht er geradlinig in einer Tangente H B der Curve O H fort.

Wie Euler die Reflexion der Lichtſtrahlen erklärt, iſt ſchon erwähnt worden. Nach ihm ſind, Licht zurückwerfende oder ſpiegelnde Körper diejenigen, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht ſelbſt in Bewegung geſetzt werden, ſondern die Schläge desſelben blos unter dem Reflexionswinkel zurück ſenden.

§. 323—325.

Spiegel.

Körper, die die Lichtſtrahlen im vorzüglichem Grade reflektiren, ſind die Spiegel.

Alle unſere Spiegel ſind Metallſpiegel; bey den ſogenannten Glasſpiegeln iſt das Glas nichts weiter, als eine bequeme Art von Faſſung für den eigentlichen Spiegel, der aus Zinn-Amalgama beſteht. — Ein vollkommener Spiegel müßte ganz unſichtbar ſeyn, und könnte nur die Bilder der Gegenſtände darſtellen. Hierauf gründet ſich Eulers Einwurf gegen das Emanazionsſyſtem, nach welchem die dunkeln Körper durch Lichtſtrahlen geſehen werden, die von den Leuchtenden auf ſie fallen, und von ihnen zurückgeworfen werden — ſo wie der Einwurf, in Anſehung der verſchiedenen Farben, welche die Körper zeigen. — Was den erſteren betrifft, ſo können ja die dunkeln Körper, die keine wirklichen Spiegel ſind, als ein Syſtem von Spiegeln angeſehen werden; natürlich aber kann das Gemiſch von Strahlen, die zurückgeworfen werden, kein Bild des ſtrahlenden Gegenſtandes, ſondern nur Erleuchtung des Strahlenauffangenden

Gegenſtandes bewirken. — Auf den zweyten Einwurf wird weiter unten geantwortet werden. Nach Newton nähmlich beſitzen alle Körper die Eigenſchaft, nur dieſe oder jene Art des weißen Lichts zurückzuwerfen, die übrigen aber entweder durchzulaſſen oder zu verſchlucken. Aus dem ſchönen Verſuche Franklins ergibt ſich deutlich genug: daß ſchwarze Körper mehr Lichtſtrahlen verſchlucken, als andere. Er nahm verſchiedenfarbige kleine Lappen von Tuch und legte ſie auf Schnee, der von der Sonne beſchienen ward. Die ſchwarzen Lappen ſanken immer zuerſt in den Schnee ein, zum Beweiſe, daß ſie weniger Lichtſtrahlen reflektirten, als die übrigen.

Ebener Spiegel.

§. 326. 327.

Ort des Bildes.

Die Hauptſache bey den Spiegeln betrifft den Ort des Bildes, oder den

Ort, wo man einen gewiſſen Gegenſtand in denſelben ſieht. Von den ebenen Spiegeln ſagt man gewöhnlich: man ſehe den Gegenſtand eben ſo weit hinter dem Spiegel, als derſelbe vor dem Spiegel liegt. Allein dieß iſt nur geometriſch war; phyſiſch weiß man es nicht. Entfernungen werden ja nicht geſehen, ſondern nur geſchloſſen. — Von dieſer Bemerkung wird bey den Hohlſpiegeln ein wichtiger Gebrauch gemacht werden.

Daß der erwähnte Ort des Bildes geometriſch wahr ſey, läßt ſich leicht auf folgende Art darthun. Es ſey A B (Fig. 53.) ein Spiegel, in C ein leuchtender Gegenſtand, in G das Auge: ſo fälle man aus C auf den Spiegel das Perpendikel C A — wäre der Spiegel nicht lang genug, ſo verlängere man ihn im Gedanken — dieß Perpendikel mache man jenſeits des Spiegels eben ſo lang, als es dießſeits iſt, und ziehe nun aus dem Punkte c nach dem Auge G eine Linie. In c wird man den Gegen-

ſtand ſehen. Nun muß bewieſen werden, daß nach gezogener Auxiliarlinie C D und nach errichtetem Perpendikel D K, die Winkel m und n gleich ſeyen; denn ſind dieſe gleich, ſo folget auch, daß der Einfallswinkel x dem Reflexionswinkel y gleich ſey. Das Vorige wird aber folgendermaſſen erwieſen:

C A = A c, laut der Bedingung.
A D = A D weil jede Größe ſich ſelbſt gleich iſt.
o = p, weil beyde rechte Winkel ſind.

Mithin ſind die Dreyecke C A D und c A D einander gleich und ähnlich. Folglich iſt auch m = q. Aber q = n, weil beyde Vertikalwinkel ſind. Alſo auch m = n. Iſt aber m = n, ſo iſt auch x = y und es hat daher mit der Behauptung ſeine mathematiſche Richtigkeit; denn das darf woh nicht erſt erinnert werden, daß das, was von den einen Punkte C gilt, auch von al-

len übrigen Punkten, des daſelbſt befindlichen Gegenſtandes gelte.

Hieraus ergibt ſich nun die Auflöſung verſchiedener intereſſanter Aufgaben, von welchen wir einige anführen wollen.

Erſte Aufgabe. Kann das Auge in einer gewiſſen Richtung einen gewiſſen Gegenſtand in der Stube im Spiegel ſehen? Es ſey der Gegenſtand in C (Fig. 53), das Auge G, wo man will, und der Spiegel A B ebenfalls in welcher Lage man will: ſo verfahre man wie vorhin; fälle aus C das Perpendikel C A auf den Spiegel, den man in Gedanken verlängern muß, wenn er nicht lang genug ſeyn ſollte; und verlängere das Perpendikel bis c, daß C A = A c wird. Kann man nun aus c nach dem Auge G eine Linie ziehen: ſo wird man den Gegenſtand in der Richtung G D c im Spiegel ſehen; widrigen Falls kann er nicht geſehen werden. —

Zweyte Aufgabe. Wie groß muß ein Spiegel ſeyn, darinn man ſich ganz ſehen ſoll? Wenn der Planſpiegel vertikal ſteht, ſo braucht er nur halb ſo lang und breit zu ſeyn, als der Gegenſtand ſelbſt iſt, der ſich darinn abbilden ſoll. Dieß läßt ſich am beſten durch eine Zeichnung erläutern und beweiſen. Es ſey Fig. 54. A B ein vertikalſtehender Planſpiegel, und C D ſtelle die ſenkrechte Höhe einer Perſon vor, deren Auge in O ſey. Wenn man nach der vorhin gegebenen Regel verfährt, ſo wird man das Bild E F, in O nach den Richtungen O G E und O H F, ſehen; und es ergibt ſich, daß nur der Theil des Spiegels G H zur Reflexion der Strahlen diene. Dieſer Theil iſt nun aber gerade der halben Höhe des Gegenſtandes gleich; oder G H $= \frac{1}{2}$ C D. Dieß erhellet folgendermaſſen. Es iſt nähmlich E O : G O = E F : G H (Käſtners Geom. 26 Satz. Zuſ. 1.) Nun iſt E O = 2 G O; alſo muß auch E F = 2 G H ſeyn.

Daß aber E O = 2 G O ſey, erhellet daraus, weil E I : I C = E G : G O (Käſtn. Geom. 25 Satz. 1.) Nun iſt E I = I C, laut der gegebenen Regel; alſo muß auch E G = G O ſeyn. Iſt aber E G = G O; ſo iſt E O = 2 G O; folglich E F = 2 G H; oder welches einerley iſt, G H = $\frac{1}{2}$ E F. Nun iſt E F = C D, weil das Bild in einem Planſpiegel dem Objekte gleich und ähnlich iſt. Mithin G H = $\frac{1}{2}$ C D.

Weit ſimpler und deutlicher wird alles, wenn man das Auge in C ſetzt. Da darf man nur aus den Schuhſchnallen bey D ein Perpendikel auf den Spiegel ziehen, dasſelbe hinter demſelben ſo lang nehmen, als es vor demſelben iſt, und aus dem Endpunkt eine Linie in das Auge ziehen. — Aber dann macht der Kopfputz der Frauenzimmer, wo die eigentliche Perſon erſt recht angeht, eine gewaltige Ausnahme. In dieſem Falle muß alſo die Antwort auf obige Frage ſo lauten: der Spiegel muß halb ſo lang ſeyn,

als der Menſch bis zum Auge iſt, plus der Hälfte der Länge vom Auge bis zum Ende des Kopfzeuges.

Hängt der Spiegel nicht vertikal: ſo kann die Antwort nur durch Verſuche ausgemittelt werden.

§. 329. *)

Anwendungen.

Auf die Zurückwerfung der Lichtſtrahlen bey ebenen Spiegeln, gründen ſich allerley Inſtrumente und Spielereyen. Zu jenen gehört der Operngucker, der im Großen Polemoſkop heißet. Der Operngucker hat ſeinen Nahmen von ſeinem Gebrauche in der Oper. Man kann damit jemand ſehen, ohne gerade auf ihn zu ſehen. Sonderbar! nun muß man aber

*) §. 328. handelt von der Einrichtung und Materie der ebenen Spiegel, wovon ſchon oben §. 323. die Rede war.

auf jemand anderen ſehen, und beleidigt alſo dieſen! Allein der nimmt es nicht übel; aber der könnte es übel nehmen, auf welchen die Attake gerichtet iſt.

Mit dem Polemoſkop kann man über Mauern ſehen. Ja es könnte jemand auf der Geißmarſtraſſe (in Göttingen) gehen, und man könnte ihn doch im Auditorio ſehen. Nur freylich, daß das Bild bey jeder Reflexion undeutlicher wird. Die Polemoſkope dienen auch dazu, den Bauern durch den Leib zu ſehen. Sie haben dann die Geſtalt, welche Fig. 55. zeigt. B, C, D, E ſind Planſpiegel, die unter einem Winkel von 45° geneigt ſind, A, B, C, D, E, F iſt der Weg des Lichts, und in G legt ſich der Bauernkerl hinein.

Ganz etwas ähnliches iſt es mit einem Taſchenſpiel, wo durch 2 Hölzer ein Bindfaden gezogen iſt, und man denſelben mit einem Meſſer entzwey ſchneiden läßt.

Wenn man zwey ebene Spiegel in einen Winkel ſtellt: wie vielmahl vervielfältigt ſich das Bild? Käſtner hat hierüber die beſte Auflöſung gegeben. Das Bild erſcheint ſo oftmahl weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten iſt. Hält man ſein Geſicht zu ſo geſtellten Spiegeln: ſo befindet man ſich in angenehmer Geſellſchaft — unter lauter Bekannten. — Auch kann man mit ſolchen Spiegeln recht gut ſein Profil zeichnen.

Krumme Spiegel.

§. 130 – 139.

Die krummen Spiegel werden in konkave und konvexe oder in Hohlſpiegel und Bauchſpiegel, und jene wieder in ſphäriſche, elliptiſche, paraboliſche und hyperboliſche; dieſe in ſphäriſche, cylindriſche und ko-

niſche eingetheilt, je nachdem nähmlich ihre Fläche einer Kugel, einem Ellipſoid, Paraboloid, Cylinder oder Kegel angehört. Die ſphäriſchen Hohlſpiegel ſind die merkwürdigſten. Ueber alle nur ein paar Worte.

a. Hohlſpiegel.

1. Sphäriſche Hohlſpiegel.

Ueber den Weg den die reflektirten Strahlen bey dieſem Spiegel nehmen: iſt insbeſondere folgendes zu bemerken:

1. Alle Strahlen, die ſenkrecht auf den ſphäriſchen Hohlſpiegel fallen, werden in ſich ſelbſt zurückgeworfen.

2. Alle Strahlen, die mit der Axe parallel und derſelben ſehr nahe, auf den ſphäriſchen Hohlſpiegel fallen, werden in einem Punkt zurückgeworfen, der um den halben Halbmeſſer vom Spiegel entfernet iſt, und der Brennpunkt genannt wird.

3. Alle divergirende Strahlen, werden bald weniger divergirend *), bald konvergirend; die konvergirenden hingegen immer mehr konvergirend zurückgeworfen.

Lichtenberg pflegte dieſe Sätze blos durch eine Zeichnung zu erläutern, welches auch bald Jedermann für ſich ſelbſt zu thun im Stande ſeyn wird. Sie durch Rechnung zu beſtätigen, überließ er der Mathematik, welches auch derſelben angehört. Aus beyden ergibt ſich klar genug, daß die Wirkung der Refraktion bey ſphäriſchen Hohlſpiegeln in einer größeren Konvergirung der Lichtſtrahlen, als ſie vor der Refraktion hatten, beſtehe, und daß dieſe Konvergirung

---

*) Weniger divergirend, wenn die Diſtanz des ſtrahlenden Punktes vom Spiegel, kleiner iſt, als der halbe Halbmeſſer; konvergirend, wenn ſie größer iſt, als dieſelbe; parallel, wenn ſie derſelben gleich iſt.

bey weitem in den meiſten Fällen in eine Vereinigung derſelben übergehe.

Die verſchiedenen Erſcheinungen und Anwendungen, die in dieſer Wirkung ihren Grund haben: beziehen ſich vorzüglich auf die vergrößerte oder verkleinerte Abbildung des ſtrahlenden und auf die Entzündung des ſtrahlenauffangenden Gegenſtandes.

Sphäriſche Hohlſpiegel vergrößeren den Gegenſtand, wenn ſich derſelbe zwiſchen den Brennpunkt und dem Spiegel befindet. Liegt er im Brennpunkte ſelbſt, ſo macht er gar kein Bild; liegt er aber über den Brennpunkt hinaus, ſo entſtehet ein umgekehrtes Luftbild vor dem Spiegel, das bald größer, bald dem Gegenſtande gleich, bald kleiner als derſelbe iſt, je nachdem er weiter vom Brennpunkte wegliegt. Nach der Theorie ſollte in eben dieſen Fällen, daß Luftbild auch, bald in einer größeren, bald in einer gleichen, bald in einer

kleineren Entfernung vom Spiegel erſcheinen. Allein hiemit ſtimmt die Erfahrung nicht überein. Das Luftbild ſcheinet in jedem Falle auf dem Spiegel ſelbſt zu ſchweben. Hierüber muß man ſich nun gar nicht wundern. Es findet hier eine ganz neue Art des Sehens Statt. Wir ſehen ja ſo außerordentlich wenig; vom Würfel nur das Quadrat, von der Kugel nur den Kreis. Wir ſehen Erhabenheiten eben ſo wenig, als Entfernungen. — Lichtenberg pflegte immer den Verſuch über die Luftbilder mit verſteckten künſtlichen Roſen anzuſtellen. Das Bild davon war auf dem Hohlſpiegel ſo lebhaft, daß man, nur in einiger Entfernung davon, die Roſe natürlich zu ſehen glaubte.

Die zündende Kraft der Hohlſpiegel iſt den Alten unläugbar bekannt geweſen. Daß aber Archimed, im J. 212 vor Chr. bey der Belagerung von Syrakus, die Flotte des Marcellus durch einen Brennſpiegel in Brand geſteckt habe, iſt eine Fabel. Es

erzählen es bloß ſpätere griechiſche Schrift-ſteller Zonaras und Tzezes, die ſich auf Diodor und Dio Kaſſius berufen, bey welchen die Stellen fehlen. Das Mährchen iſt wahrſcheinlich auf folgende Art entſtanden. Montücla vermuthet, die Verbrennung der Schiffe ſey durch eingeworfenes Feuer geſchehen. Weil nun Archimed ſich zu Syrakus aufhielt und über Brennſpiegel geſchrieben haben ſoll, ſo iſt aus dieſen Umſtänden das Mährchen zuſammgeſetzt worden. Eine ähnliche Fabel hätte bey der Gelegenheit, als die ſchwimmenden Batterien der Spanier vor Gibraltar verbrannt wurden, zuſammengeſetzt werden können. Parker goß gerade damahls Brenngläſer. Wären nun keine Zeitungen in der Welt geweſen, und man hätte nach mehreren Jahren dieſe gleichzeitigen Begebenheiten geleſen: ſo hätte man ſicherlich behauptet, Parker hätte durch ſeine Brenngläſer die Batterien der Spanier verbrannt. Die Geſchichte iſt wie ge-

ſagt ein Mährchen; das ſowohl das Still-ſchweigen der ältern Schriftſteller, welche die Geſchichte, wo die Verbrennung hingehört und ſelbſt vieles den Archimed betreffendes, umſtändlich erzählen, als auch die Unmöglichkeit der Sache gegen ſich hat. Und ſollte es ja möglich geweſen ſeyn, ſo weit zu brennen: ſo läßt ſich noch mit Käſtner fragen: ob Archimed wohl den tollen Gedanken habe haben können, eine ſo ungeheure Unternehmung zu veranſtalten, die ein trübes Wölkchen hätte vereiteln können oder ob die Römer ſo ganz allen Verſtand hätten verlieren können, als es zu brennen, anfing, von der gefährlichen Stelle nicht wegzufahren?

Indeß man hat dieſe Sage auf all mögliche Weiſe zu retten geſucht, und iſt dadurch auf ſehr lehrreiche Unterſuchungen gebracht worden. So kam Pater Kircher auf den Gedanken, aus ebenen Spiegeln, einen, mit dem man ſo weit brennen kann, zuſam-

menzuſetzen, welchen der Graf von Büffon und der Marquis von Courtivron weiter ausführten. Erſterer hat durch eine Verbindung von 400 Planſpiegeln, die alle Strahlen auf eine Stelle zurückwarfen, in einer Entfernung von 140 Fuß, Bley geſchmolzen. Im Grunde aber hatte den Einfall ſchon Anthemius unter Juſtinian. Herr von Segner verfiel auch auf einen ſehr ſinnreichen Einfall, der in einer Diſſertation de Speculo Archimedeo Jena 1732 gedruckt iſt. Er gründet ſich darauf, daß im paraboliſchen Hohlſpiegel alle Strahlen, die mit der Axe parallel einfallen, genau in den Brennpunkt vereiniget werden.

Es haben ſich verſchiedene Künſtler durch Verfertigung großer ſphäriſcher Brennſpiegel hervorgethan. Vilette zu Lyon hat 5 große Spiegel verfertiget. Zwey davon kamen in das Kabinet des Königs von Frankreich; einer wurde dem König von Perſien geſchickt; einer dem König von Dänemark, und der

fünfte iſt in Kaſſel. Noch berühmter ſind die Brennſpiegel von Tſchirnhauſen und von Höſe in Dresden. Letzterer verfertigte drey; wovon der eine zwey Ellen in der Chorde, und 20 Zoll Brennweite, der andere $2\frac{1}{2}$ Ellen in der Chorde und 22 Zoll Brennweite und der dritte 4 Ellen in der Chorde und 48 Zoll Brennweite hatte. Siehe altes Hamb. Magaz. 5ter und 16ter Band. Die Höſiſchen Spiegel ſind aber paraboliſche, und gehören eigentlich nicht hieher.

Lichtenbergs großer Brennſpiegel iſt in Holz gehauen und vergoldet. Er iſt ſo groß, daß deſſen Chorde über eine Mannshöhe reicht. Er hängt in zwey Kugeln auf zwey hölzernen Säulen und kann dadurch verſchiedene Richtungen erhalten.

Verſuch mit 2 gegenüberſtehenden meſſingenen Brennſpiegeln. In dem Fokus des Spiegels A wurde auf einem Dreyzack, eine glühende Kohle gelegt. Nachdem dieſe angeblaſen wurde, ſo

ſchickte ſie auf die Fläche des Spiegels Licht und Wärmeſtrahlen, welche in einer parallelen Richtung nach dem Spiegel B reflektirt wurden, von wo aus ſie wieder in den Fokus dieſes Spiegels reflektirt und daſelbſt vereiniget wurden. In dieſem Fokus ſtack auf einem Stift ein Zunder — und dieſer entzündete ſich. — Der Verſuch iſt äußerſt ſchwer anzuſtellen, beſonders in größerer Entfernung wegen der ſchweren Stellung der Spiegel, deren Axen genau in einer geraden Linie liegen müſſen. — Wachskerze thut es nicht; es muß ſtrahlende Wärme ſeyn. — Die Spiegel bleiben faſt ganz kalt. — Mit gläſernen Spiegeln geräth der Verſuch nicht. Sie ſpringen eher ehe ſie zünden. — Wollte man den Verſuch recht ſchön anſtellen, und die zu reflektirenden Strahlen verſtärken: ſo müßte man vor der Kohle, im Zentro des Spiegels A, eine Oeffnung machen, und durch dieſelbe die Kohle

mit einem Blaſebalg anblaſen, beſonders mit dephlogiſtiſirter Luft.

2. Andere Hohlſpiegel.

Unter den übrigen Hohlſpiegeln iſt der paraboliſche der wichtigſte. Alle Strahlen, welche mit der Axe parallel auf dieſen Spiegel fallen, werden durch die Reflexion genau in dem Brennpunkte der Parabel geſammelt; und alle Strahlen, die aus dieſem Brennpunkte divergirend auf den Spiegel fallen, werden parallel zurückgeworfen. Aus dem erſtern Umſtande erhellet, daß dieſe Spiegel ſowohl zu Brennſpiegeln, als zu Spiegel-Telescopen die geſchickteſten ſeyn müſſen. Das ſind ſie auch wirklich. Wenn nur ihre Verfertigung nicht mit ſo faſt unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft wäre! Durch Verfertigung paraboliſcher Brennſpiegel, hat ſich Niemand mehr Ruhm, als Höſe zu Dresden erworben, wie eben erinnert wurde; ſo wie ſich

Herſchel durch Verfertigung ſeines großen 40 Fuß langen Spiegelel-Teſcops, unſterblich gemacht hat.

Der elliptiſche Hohlſpiegel hat die Eigenſchaft, daß, wenn der ſtrahlende Punkt in dem einen Brennpunkte der elliptiſchen Krümmung ſteht, alle divergirende Strahlen nach dem andern Brennpunkte der Ellipſe hingeworfen werden.

Der hyperboliſche Hohlſpiegel iſt von keinem Gebrauch und wird deshalb auch nie verfertigt.

b. Bauchſpiegel.

1. Sphäriſche Bauchſpiegel.

Bey den ſphäriſchen Bauchſpiegeln läuft Alles auf das Entgegengeſetzte der Hohlſpiegel hinaus. Ihre Wirkung beſteht in einer größeren Divergirung der Lichtſtrahlen, als ſie vor der Reflexion hatten. Die Gegenſtände werden verkleinert in ihnen

abgebildet. Sie ſind von keinem Gebrauch. Lichtenberg übergieng ſie ganz.

2. Andere Bauchſpiegel.

Auf die koniſchen und cylindriſchen Bauchſpiegel gründen ſich die ſogenannten katoptriſchen Anamorphoſen. Man ſieht leicht, daß der koniſche Spiegel P Q R (Fig. 56.) dem in O geſtellten Auge, den Punkt A in a, B in b darſtellt, und alſo dem Bilde, wovon A B ein Theil iſt, ganz andere Lagen und Verhältniſſe ſeiner Theile d. h. eine ganz andere Geſtalt gibt. Auf eine ähnliche Art verändern auch cylindriſche Spiegel die Geſtalten der um ſie herliegenden Bilder. Es kömmt alſo darauf an, ein verzerrtes Bild zu verzeichnen, das in einem Spiegel von gegebener Art, Größe und Stellung, dem Auge aus einem gegebenen Geſichtspunkte regelmäßig erſcheine. Um ſich doch

von einer ſolchen Zeichnung für einen koniſchen Spiegel einen Begriff zu machen, bemerken wir kurz folgendes. Es ſey A B (Fig. 57.) der Gegenſtand, den man ſo verzerrt zeichnen will. Wäre der koniſche Spiegel P Q R nicht da, ſo würde das Auge in O den Gegenſtand nach den Linien O A und O B ſehen. Nun aber kömmt der koniſche Spiegel darauf und bedeckt denſelben. Es iſt alſo klar, daß nun die Spitze des Pfeils ſo gezeichnet werden muß, daß ſie einen Strahl nach E ſchickt, der dann nach dem Auge reflektirt wird. Eben dieß muß nun auch mit dem Bart und den Zwiſchentheilen des Pfeiles geſchehen. Die ſimple Auflöſung iſt alſo die: man mache x = y u. ſ. w. Um dieß aber zu bewerkſtelligen, verlängert man den koniſchen Spiegel z. B. P Q bis G, und fällt vom Auge ein Perpendikel O I = I K darauf. Aus dieſem Punkt K wird nun durch E eine Linie gezogen, bis ſie das Papier N S trifft. Das

Nähmliche geſchieht nun auch auf der andern Seite. — Man muß ſich natürlich zu ſolchen Zeichnungen einen eigenen Maaßſtab verfertigen, und wo es dann nicht gehen will — nachhelfen.

Auf dieſe Art kann man die Spadille und Baſta zeichnen, die der größte L'hombreſpieler nicht kennen würde. Beſonders würde ſich das Coeur Aß zu einer ſolchen Zeichnung ſchicken. — Ein regelmäßiges Fünfeck, um deſſen jeder Seite ein Bogen beſchrieben iſt, erſcheint durch einen koniſchen Spiegel betrachtet, ganz vertauſcht, nähmlich die Bogen werden zu geraden Linien, und die Linien zu Bogen.

III. Refraktion der Lichtſtrahlen.

(Brechung — Dioptrik.)

Eine äußerſt wichtige Lehre! Wir haben durch Inſtrumente, die ſich auf dieſelbe gründen, den Himmel und den Bau der

Thiere, den innern ſowohl, als den äußern kennen gelernt. — Es kömmt bey derſelben vorzüglich auf folgende vier Stücke an: auf den Begriff, auf das Geſetz, auf die Theorie, und auf die Wirkungen derſelben.

§. 340.

Begriff der Refraktion.

Unter der Refraktion der Lichtſtrahlen, verſteht man die Ablenkung derſelben, wenn ſie aus einer durchſichtigen Materie in eine andere von verſchiedener Dichtigkeit, in ſchiefer Richtung übergehen. — Es ſey unter A B (Fig. 58.) Waſſer, über A B Luft, und C D ein auf die Oberfläche des Waſſers ſchief einfallender Lichtſtrahl: ſo geht er nicht, wie er eigentlich ſollte, nach der Richtung D E oder beſtändig in einer geraden Linie fort, ſondern er weicht von dieſem Wege ab, und erhält die

Richtung D F. — Umgekehrt wäre unter A B (Fig. 59.) Luft, und darüber, Waſſer befindlich: ſo würde der ſchief einfallende Lichtſtrahl C D, nicht nach der Richtung D E fortgehen, ſondern die Richtung D F erhalten. — Man kann ſich von dieſer veränderten Richtung ſehr leicht auch durch die Erfahrung überzeugen. Taucht man einen Stab ins Waſſer, ſo ſcheint der in daſſelbe geſenkte Theil eine andere Linie zu machen, als der auſſer dem Waſſer befindliche, und der Stab gleichſam gebrochen zu ſeyn, woher wahrſcheinlich auch der Nahme der Refraktion gekommen iſt. — Eben ſo iſt es mit einem Stücke Geld, das man in eine leere Caffeehtaſſe legt. Setzt man die Taſſe auf den Tiſch und tritt nun ſo weit von demſelben zurück, daß das Geld dem Auge zu verſchwinden anfängt: ſo wird es wieder ſichtbar, wenn man Waſſer in dieſelbe gießt. Man hat ſich daher vor klarem Waſſer, in

welchem man ſo die Steine ſieht, gar ſehr in Acht zu nehmen.

Die verſchiedenen Kunſtausdrücke, mit welchen man ſich bey der Refraktionslehre bekannt machen muß, ſind folgende. Es heißt (Fig. 58. u, 59.)

A B die brechende Fläche.

D der Einfallspunkt (punctum incidentiae.)

G H das Einfallsloth, oder Perpendikel (cathetus incidentiae.)

C D der einfallende Strahl (radius incidens.)

D F der gebrochene Strahl (radius refractus.)

o der Einfallswinkel (angulus incidentiae.)

p der gebrochene Winkel (angulus refractus.)

q der Brechungswinkel (angulus refractionis.)

C G der Sinus des Einfalls-
winkels, oder der Einfalls-
ſinus.

FH der Sinus des gebrochenen
Winkels, oder der Brechungs-
ſinus.

Die Ebene endlich durch das Einfalls-loth und den einfallenden Strahl, heißt die Brechungs-Ebene (planum refractionis).

§. 341.

Geſetz der Refraktion.

Die Refraktion der Lichtſtrahlen richtet ſich eben ſo wie die Reflexion derſelben, nach einem ewigen und unwandelbaren Geſetze, und dieſes Geſetz beruht auf folgenden drey Sätzen:

1. Wenn ein Lichtſtrahl, aus einem dünnern Mittel *) in ein dichteres über-

*) So werden die durchſichtigen Materien ge-

geht; ſo wird er dem Perpendikel zugebrochen.

2. Wenn ein Lichtſtrahl aus einem dichteren Mittel in ein dünneres übergeht: ſo wird er vom Perpendikel abgebrochen.

3. In beyden Fällen bleibt der gebrochene Strahl in der Brechungsebene.

Wenn alſo Fig. 58. oberhalb AB Luft, unterhalb Waſſer iſt: ſo wird der ſchief einfallende Lichtſtrahl CD beym Eintritt ins Waſſer nicht nach E fortgehen, ſondern dem Perpendikel GH zugelenkt, und der gebrochene Winkel p iſt kleiner, als der Einfallswinkel q. — Wenn hingegen oberhalb AB (Fig. 59) Waſſer, unterhalb Luft iſt: ſo wird der ſchief einfallende Lichtſtrahl CD vom Perpendikel GH abgelenkt, und der

---

nant, aus welchen die Lichtſtrahlen kommen und durch welche ſie gehen. Die drey vorzüglichſten, die in Betrachtung zu kommen pflegen, ſind: die Luft, das Waſſer, und das Glas.

gebrochene Winkel p iſt größer, als der Einfallswinkel o.

§. 342.

Verſchiedenheit der Refraktion.

Die Refraktionen der verſchiedenen Mittel entſprechen ihren Dichtigkeiten. Nur aber dürfen ſie nicht irgend einen verbrennlichen Beſtandtheil haben. Dieſe vermehren die Refraktion weit ſtärker, als die bloße Dichtigkeit würde haben thun können. Hieraus hatte auch ſchon Newton die Brennbarkeit des Diamanten geweiſſagt, und war ſchon auf den faſt unglaublichen Punkt gekommen, zu vermuthen, daß das Waſſer zum Theil aus einer verbrennlichen Subſtanz beſtehen müſſe.

§. 343.

Verhältniß der Refraktion.

Der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des gebrochenen Winkels, ſtehen

immer für einerley Paar von durchſichtigen Mitteln, in einem beſtändigen und unabänderlichen Verhältniß. Dieß Verhältniß, das man das Brechungsverhältniß nennt, muß man alſo kennen. Hier genügt es, nur das zwiſchen Luft und dem gewöhnlichen Glaſe, und zwiſchen Luft und Waſſer zu wiſſen. Das erſtere iſt nahe, wie 3 : 2. Das andere faſt wie 4 : 3. Es heiße alſo E der Einfallsſinus und B der Brechungsſinus; ſo iſt

aus Luft in Glas E : B = 3 : 2
aus Glas in Luft E : B = 2 : 3
aus Luft in Waſſer E : B = 4 : 3
aus Waſſer in Luft E : B = 3 : 4

§. 344.

Theorie der Brechung.

Die Newtonſche Hypotheſe über die Brechung der Lichtſtrahlen — unſtreitig die richtigſte unter allen, — reducirt

ſich bekanntlich auf die lichtanziehende Kraft der durchſichtigen Körper, und iſt kurz folgende:

Man nehme an, daß die verſchiedenen durchſichtigen Körper, durch welche die Lichtſtrahlen gehen, mittelſt ebener Flächen von einander getrennt werden, welche unter ſich parallel ſind — eine Annahme, die um ſo eher geſtattet werden muß, da ſie im eigentlichſten Verſtande der Wahrheit ganz gemäß iſt, wenn man nur an die Punkte der Berührung denkt. Es beſtehe alſo der durchſichtige Körper A (Fig. 60.) aus Glas und ober und unter ſeinen parallelen Flächen ſey Luft. — Mit dieſen Flächen parallel, ziehe man die Linien B C und b c ferner D E und d e, die erſteren oder B C und b c ſtellen die Entfernung von dem Körper A dar, bey welcher derſelbe auf den einfallenden Lichtſtrahl zu wirken anfängt; die letzteren oder D E und d e aber, diejenige Entfernung von dem Körper A, bis auf wel-

che ſich die lichtanziehende Kraſt desſelben von außenher erſtreckt. Beyde Entfernungen ſind zwar ſehr klein, müſſen aber der Deutlichkeit wegen groß gezeichnet werden.

Es falle nun ein Lichtſtrahl F G perpendikulär auf den Körper A. So wie er in H in die Sphäre der Wirkſamkeit gelangt, und von dem Köper A ſtärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus welchem er kömmt: ſo nimmt ſeine Geſchwindigkeit auf dem Wege von H bis G zu; aber er kann dadurch nicht von ſeinem Wege abgelenkt werden. Er geht blos mit zunehmender Geſchwindigkeit fort, und erlangt das Maximum derſelben bey I, wo der Körper A von auſſen auf ihn zu wirken aufhört. Nun wird er von allen Seiten gleich ſtark angezogen, und geht alſo mit der bey I erlangten Geſchwindigkeit in gerader Linie fort bis i. Von hier oder von i bis h iſt nun die Anziehung des Körpers A, ſeiner Richtung entgegen, aber doch ſe

groß, wie oben von H bis I; folglich vermindert ſich die Geſchwindigkeit des Lichtſtrahls auf dem Wege i h, wieder eben ſo rückwärts, als dieſelbe wachſend auf dem Wege H I zunahm, ohne daß auch hier eine Ablenkung des Lichtſtrahls von ſeinem Wege Statt fände, und ſie iſt bey h wieder eben ſo groß, als ſie bey H war. Der ſenkrecht auffallende Lichtſtrahl erleidet alſo nach Newtons Hypotheſe keine Brechung, — mit der Erfahrung ganz übereinſtimmend.

Fällt der Lichtſtrahl K M ſchief auf den Körper A, ſo findet alles wie vorhin Statt, nur, daß er von ſeinem Wege abgelenkt wird. So wie er nähmlich nach L gelangt, fängt der Körper A auf ihn zu wirken an, und dieß dauert wachſend fort, bis der Strahl nach N kömmt, wo die Sphäre der Wirkſamkeit von außenher zu Ende iſt. Allein dieſe Wirkſamkeit beſteht nicht blos in der Vermehrung der Geſchwindigkeit des

Lichtſtrahls, ſondern auch in der Ablenkung von ſeinem Wege. Die Bewegung deſſelben nach der Richtung K L läßt ſich nähmlich in zwey andere zerlegen, in die Bewegung nach K O, und in die Bewegung nach K W = O P. Auf jene, oder auf K O hat die anziehende Kraft des Körpers A keinen Einfluß, ſie wirkt alſo ungehindert fort, wohl aber auf dieſe oder auf O P. Dieſe alſo nimmt wachſend zu, und jene dauert ungehindert fort, ſo muß folglich der Lichtſtrahl eine krumme Linie L M N beſchreiben, die ihre konvexe Seite dem Perpendikel Q R zukehrt. — So wie der Lichtſtrahl in N an der Gränze der Sphäre der Wirkſamkeit iſt, wird er von allen Seiten gleich ſtark angezogen, und geht alſo mit der Geſchwindigkeit und in der Richtung, die er daſelbſt erhalten hat, in der Linie N n fort, welche als die Tangente der krummen Linie L M N zu betrachten iſt, und welche dem Perpendikel Q R näher

gekommen, und daſſelbe unter dem kleineren Winkel n N R ſchneidet, als die erſtere Richtung K L gethan haben würde. — Kömmt der Strahl nach n, ſo fängt die anziehende Kraft des Körpers A entgegengeſetzt, auf ſeine perpendikuläre Bewegung n S zu wirken an, ohne daß die parallele M S gehindert würde. Es nimmt alſo dieſe Bewegung bey dem Fortgange des Strahls ſtufenweiſe wieder ab, und es wird ſeine Bahn, eben ſo von n nach m und l zu, auf die entgegengeſetzte Seite gebogen, als es von L nach M und N zu, geſchah. — In l verliert er endlich ſeine ganze Perpendikulärgeſchwindigkeit, die er in N hatte, ſo daß jetzt dieſelbe derjenigen gleich iſt, die er in L hatte. Mit dieſer Geſchwindigkeit bewegt er ſich nun in der Linie l k fort, welche die Tangente der krummen Linie n m l und vom Perpendikel Q R abgelenkt iſt. — Schief einfallende Lichtſtrahlen, werden daher

dem Perpendikel zugebrochen; wenn ſie aus einem dünnern Mittel in ein dichteres treten, und von demſelben abgelenkt, wenn der entgegengeſetzte Fall eintritt — der Erfahrung ganz gemäß. *)

Wäre bey der Annäherung des Lichtſtrahls an die untere Fläche des Körpers A, ſein Einfallswinkel y ſo groß, daß die krumme Linie mit der Fläche ſchon parallel würde, ehe der Strahl ſelbige erreicht; ſo verſchwindet ſeine Perpendikulärgeſchwindigkeit ganz, und er wird folglich anſtatt gebrochen zu werden, zurückgeworfen. Dieß iſt alſo die Urſache, warum, wenn die

*) Anmerkung. Daraus, daß die entgegengeſetzten Krümmungen LMN und nml einander ganz gleich ſind: ergibt ſich auch der beſondere Fall, daß die Richtung des Lichtſtrahls in lk mit der in KL parallel ſeyn müſſe — wie auch die Erfahrung lehrt.

Strahlen bey dem Uebergange aus einem dünnen Mittel in das dichtere ſo ſchief auffallen, daß der Brechungsſinus größer werden müßte, als der Sinus Totus — was natürlich unmöglich iſt — gar keine Brechung Statt findet, ſondern dieſelbe ſich in eine Zurückwerfung verwandelt.

Eben ſo klar und deutlich, läßt ſich aus der Newton'ſchen Hypotheſe, die Permaneität des Verhältniſſes zwiſchen dem Sinus des Einfallswinkels und Brechungswinkels herleiten und erklären. Es ergibt ſich nähmlich aus derſelben auf das Deutlichſte, daß dieß Verhältniß, nicht von der tauſendfach veränderlichen Größe des Einfallswinkels, ſondern einzig und allein von der unveränderlichen Anziehungskraft des brechenden Körpers abhänge und von der dadurch bewirkten vermehrten Geſchwindigkeit des einfallenden Strahls. Und wie leicht

läßt ſich nicht beweiſen, daß die alte Geſchwindigkeit desſelben zu dieſer neuen, in dem unveränderlichen Verhältniſſe der beyden Sinuſe ſtehe, und folglich dieſes Verhältniß immer dasſelbe bleibe!

Man laſſe nähmlich den Lichtſtrahl A B (Fig. 61.) in was immer für einer Richtung, aus der Luft, auf die Glasfläche C D fallen; ziehe das Einfallsloth E F; und beſtimme nach dem bekannten Verhältniß, die Richtung des gebrochenen Strahls B G.

Die Geſchwindigkeit des einfallenden Strahls A B, läßt ſich in die parallele A H und in die perpendikuläre A I = H B zerfällen. Jene oder A H wird durch die anziehende Kraft des Glaſes nicht verändert, bleibt alſo auch nach der Brechung dieſelbe; und der Lichtſtrahl A B muß folglich, in eben der Zeit, in welcher er ſich vor der Brechung um den Raum A H dem Perpendikel E F näherte, nach derſelben, um den gleichen Raum K L ſich davon ent-

fernen. Bringt man alſo K L = A H, in paralleler Entfernung von C D, dahin zwiſchen dem gebrochenen Strahl und dem Einfallslothe, wohin es gerade paßt: ſo hat man den ganzen, genau begränzten Weg B K, welchen der Lichtſtrahl nach der Brechung nimmt, und der, da er ſich in den Weg B M = K L = A H und in den Weg B L zerfällen läßt, in eben der Zeit zurückgelegt werden muß, in welcher A B zurückgelegt wird.

Wohl aber wird die perpendikuläre Geſchwindigkeit H B des einfallenden Strahls A B durch die Anziehungskraft des Glaſes verändert, und zwar vermehrt wie die Hypotheſe annimmt. Aber dieſe Vermehrung bleibt immer dieſelbige oder eine gleichförmige, weil ja die Anziehungskraft des Glaſes ſich immer gleich bleibt. Folglich muß H B mit B L ein immer gleiches Verhältniß haben, indem ja H E die perpendikuläre Geſchwindigkeit des Lichtes vor der Bre-

chung, BL aber dieſelbe durch die Brechung vermehrt vorſtellt.

Haben aber die perpendikulären Geſchwindigkeiten H B und B L ein immer gleiches und unwandelbares Verhältniß: ſo müſſen es auch die ganzen Geſchwindigkeiten AB und BK haben, weil ja ihre parallelen Geſchwindigkeiten AH und KL einander ganz gleich ſind.

Und welches iſt denn dieſes Verhältniß?

da AB : AH (=KL) Sin. Totus : Einfallsſinus, und

KL : BK = Brechungsſinus : Sin. Totus.

ſo iſt auch AB : BK = Brechungsſinus : Einfallsſinus;

oder die Geſchwindigkeit des Lichtes vor der Brechung, zu der nach der Brechung, verhält ſich umgekehrt, wie der Brechungsſinus zum Einfallsſinus.

Nach Eulers Theorie erfolgt die Brechung, wegen des Anſtoſſes an einen elaſtiſchen Körper, deſſen Dichte oder elaſtiſche Kraft, vom Aether dergeſtalt unterſchieden iſt, daß ſich die Lichtſtrahlen mit veränderter Geſchwindigkeit bewegen. Siehe Fig. 62. Aber wer in aller Welt, kann von Schwingungen der Lichtſtrahlen ſo etwas beweiſen! Hingegen wie natürlich nach dem Emanationsſyſtem! Ein Lichtſtrahl wird da ſtärker angezogen, als der andere. Man denke nur an die chemiſchen Affinitäten.

Wie das Brechen in Ebenen geſchieht.

§. 345.

Weg der gebrochenen Strahlen.

Aus dem allgemeinen Geſetze der Refraktion (§. 341.) ergeben ſich für ebene Flächen folgende beſondere Sätze:

1. Parallele Strahlen in einer Ebene gebrochen, bleiben parallel, ſie mö-

gen aus einem dünnern in ein dichteres, oder aus einem dichteren in ein dünneres Mittel übergehen.

2. Divergirende Strahlen in einer Ebene gebrochen, divergiren weniger, wenn ſie in ein dichteres Mittel treten; mehr, wenn ſie in ein dünneres treten.

3. Konvergirende Strahlen, in einer Ebene gebrochen, konvergiren weniger, wenn ſie in ein dichteres Mittel treten; mehr, wenn ſie in ein dünneres treten.

4. Geht ein Lichtſtrahl durch ein durchſichtiges Mittel, das mit zwey parallelen Ebenen begränzt iſt, wieder in das vorige ge Mittel über: ſo iſt ſeine Richtung der vor dem Brechen parallel.

5. Geht ein Lichtſtrahl durch ein durchſichtiges Mittel, das von zwey nicht parallelen Ebenen begränzt wird: ſo wird er beym Ausgange aus demſelben, eine andere Richtung, als beym Eingange haben.

6. Geht ein Lichtſtrahl durch mehrere mit parallelen Ebenen einander berührende Mittel von verſchiedener Dichtigkeit: ſo wird im letzten derſelben die Brechung derſelben ſo groß ſeyn; als wenn der Strahl unmittelbar, aus dem erſten Mittel in das letzte übergangen wäre.

§. 346. 347.

Erſcheinungen, die ſich hierauf gründen.

Alle Erſcheinungen, die ſich auf die Refraktion der Lichſtrahlen in ebenen Flächen gründen, beziehen ſich entweder auf eine Ortsverrückung oder auf eine Vervielfältigung des ſtrahlenden Gegenſtandes.

Zur erſtern gehören beſonders folgenge Phänomene:

1. Daß ein Gegenſtand hinter einem ebenen Glaſe, dem Auge in

ſeiner natürlichen Größe und Geſtalt, aber um den dritten Theil der Dicke des Glaſes näher liegend, erſcheint.

2. Daß eine Münze in einem Gefäße z. B. in einer Caffeetaſſe, die bey einer gewiſſen Stellung des Auges nicht zu ſehen iſt, ſichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Waſſer gefüllt wird — wie ſchon oben angeführt wurde.

3. Daß der Boden eines Gefäßes mit Waſſer hohl zu ſeyn und höher zu liegen ſcheint.

4. Daß ein Stock im Waſſer gebrochen erſcheint — woher ohne Zweifel das ganze Phänomen der Brechung der Lichtſtrahlen ſeinen Nahmen hat.

5. Daß ein Fiſch im Waſſer nicht an ſeinem wahren Orte, ſondern ungefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu, geſehen wird.

6. Daß die Sterne ſchon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem

wirklichen Untergange, wahrgenommen werden können — und ähnliche Erſcheinungen mehr.

Zur zweyten, oder zur Vervielfältigung des ſtrahlenden Gegenſtandes, gehören die Rautengläſer, das Phänomen mit dem Isländiſchen Doppelſpath und die dioptriſchen Anamorphoſen. Die Rautengläſer vergaß Lichtenberg nie den Fürſten zu empfehlen, die ſich nur ein paar Mann Soldaten halten können *).

*) „Ich kann nicht leugnen — ſagt er hierüber in ſeiner Erklärung der Hogarth. „Kupferſtiche 5te Brief. S. 21. — Daß es „mich bey den jetzigen ungeheuren Fortſchritten in den optiſchen Wiſſenſchaften, „wodurch ſelbſt die gewöhnlichſten Menſchen, in den Stand geſetzt werden, Entdeckungen zu machen, oder am Himmel zu „meſſen, ſo wie Damen etwa oval drechſeln, nicht wenig befremdet hat, daß noch „Niemand auf den Einfall gekommen iſt,

Die Erſcheinung beym Isländiſchen Kryſtall, war von jeher das Crux Phyſicorum und iſt bis auf dieſe Stunde noch nicht erklärt. Die Hauptſchwierigkeit dabey

---

„dieſen großen Wink der Natur, ich meine „die polyedriſchen Gläſer aller Art politiſch „und ſtatiſtiſch zu nutzen. Denn da ſich offenbar durch dieſe Gläſer, nicht allein einzelne Hirſche und wilde Schweine zu ganzen Heerden, ſondern auch einzelne Soldaten zu ganzen Bataillons, mit ſehr geringen Aufwand und ohne allen Schaden für „das Land vervielfältigen laſſen, ſo könnte „manchem Monarchen der zwölften Größe, „der alles dieſes nur zum Staat oder Zeitvertreib hält, ein großer Dienſt damit geſchehen, und ein noch größerer den Unterthanen. Ja, es iſt und bleibt in dieſer Rückſicht eine Frage, ob nicht gerade dieſer „Gebrauch vom geſchliffenen Glaſe, dem „menſchlichen Geſchlechte mehr wahren Nutzen gewährte, als Alles, was es uns bis „jetzt über Sternen-Nebel, und Infuſions-Thierchen gelehret hat. Man hat „über der Vergrößerung der Gegenſtände „die Vervielfältigung derſelben vergeſſen, „die ungleich mehr werth iſt.“

iſt folgende: einmahl werden die dadurch geſehenen Gegenſtände verdoppelt, oder es findet eine doppelte Refraktion Statt. Und dann, wenn man einen andern Doppelſpath in homogener Richtung darunter hält, ſo verdoppeln ſich die Strahlen nicht, aber in heterogener Richtung verdoppeln ſie ſich wieder. Siehe Fig. 63. und Fig. 64. Wer nun dieß durch Vibration erklären ſollte! Der Alles erklärende Silberſchlag hat gerade das Schwerſte bey der Sache nicht einmahl berührt. Siehe die Note Lichtenbergs §. 346. des Verfaſſers.*)

Unter dioptriſchen Anamorphoſen werden Zeichnungen einzelner Theile von Gegenſtänden verſtanden, die durch ein polyedriſches Glas betrachtet, als ein Ganzes erſcheinen.

---

*) Einen nützlichen Gebrauch des Doppelſpaths hat Rochon für die Fernröhre erfunden. Siehe A. L. Z. 1803. Intbl. 155.

Brechen der Lichtſtrahlen in gekrümmten Flächen.

§. 348. 349.

Linſen oder Linſengläſer. (lentes.)

Zu den Linſengläſern bedient man ſich blos der ſphäriſchen, und theilt ſie in Konvergläſer und in Hohlgläſer ein. — Zu jenen gehören folgende Linſen:

1. Die konvexkonvexe (lens utrinque convexa.)
2. Die plankonvexe (lens plano-convexa.)
3. Der Meniskus oder Mond (Meniscus, Lunula.)

Zu den Hohlgläſern gehören folgende Linſen:

1. Die konkavkonkave (lens utrinque concava.)

2. Die plankonkave (lens plano-concava.)

3. Die konkavkonvexe (lens concavo-convexa.)

Die beyden erſten konvexen Linſen, die utrinque konvexe und die plankonvexe, heißen von ihrer Geſtalt im eigentlichen Verſtande Linſen. — Der Meniskus iſt eigentlich auch ein konkavkonvexes Glas. Allein verba valent sicut nummi. Unter konkavkonvexer Linſe verſteht man eine ſolche Linſe, deren eine Seite hohl, die andere erhaben iſt, ſo daß der Halbmeſſer der erhabenen Seite größer iſt, als der hohlen. Beym Meniskus iſt aber der Halbmeſſer der erhabenen Seite kleiner als der hohlen.

Auſſer dieſen ſechs Linſengläſern laſſen ſich noch zwey gedenken: utrinque planes und ein eigentlich konkavkonvexes, deſſen hohle und erhabene Seite einerley Halbmeſſer hat, wie z. B. ein Uhrglas.

Bey jenen können die beyden ebenen Flächen angeſehen werden, als wären ihre Halbmeſſer unendlich. Die Axe ſteht auf ſie ſenkrecht. Das gleichförmig konkavkonvexe Glas bricht die Strahlen, wie ein planes Glas.

§. 350—353.

Weg der durch Linſen gebrochenen Strahlen.

Aus dem allgemeinen Geſetze der Refraktion (§. 341.) und aus dem Verhältniß derſelben (§. 343.) ergeben ſich für die Linſengläſer folgende beſondere Sätze:

a. bey Convexgläſern oder erhabenen Linſen.

1. Wenn parallele Strahlen auf erhabene Linſen nahe bey der Axe des Glaſes fallen: ſo werden ſie nach der Brechung in einem Punkt vereinigt, welcher der Brennpunkt heißt.

2. Wenn divergirende Strah-

len auf erhabene Linſen fallen: ſo werden ſie nach der Brechung

α. weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes kleiner iſt, als die Brennweite der Linſe;

β. parallel, wenn der leuchtende Punkt ſelbſt im Brennraum ſich bebefindet;

γ. konvergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punktes größer iſt, als die Brennweite der Linſe.

3. Wenn konvergirende Strahlen auf erhabene Linſen fallen: ſo werden ſie nach der Brechung noch mehr konvergirend.

b. Bey Hohlgläſern oder konkaven Linſen.

1. Wenn parallele Strahlen auf hohle Linſen, nahe bey der Axe des Glaſes fallen: ſo werden ſie nach der Brechung divergirend.

2. Wenn divergirende Strahlen auf hohle Linſen fallen: ſo werden ſie nach der Brechung, entweder

α. weniger konvergirend, oder

β. parallel, oder

γ. gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer iſt.

Alle dieſe Sätze laſſen ſich theils durch Zeichnungen erläutern, theils durch Rechnungen beſtätigen. Auf keines von beyden ließ ſich Lichtenberg ein, da beydes der Mathematik angehört. Er begnügte ſich in der erſteren Hinſicht, eine allgemeine Anweiſung zu geben, wie ſolche Fälle gezeichnet werden müſſen; in der letzteren blos das Reſultat aus allgemeinen Rechnungen in den bekannten Formeln $f = \frac{2Rr}{R + r}$ und $\varphi = \frac{df}{d - f}$ anzugeben; und empfahl dann alles dem ſorgfältigen Otio domestico.

Was die Zeichnung betrifft: ſo geſchieht ſie, wie bey ebenen Flächen. Man hat dabey noch den Vortheil, daß man das Perpendikel ſogleich vom Mittelpunkt der Linſe auf den Einfallspunkt ziehen kann. Auch gewähren die oben angeführten Formeln große Erleichterungen.

Die Bedeutung dieſer Formeln iſt nun folgende. Da der Punkt, in welchem parallele Strahlen, wenn ſie auf erhabene Linſen fallen, nach der Brechung vereiniget werden, der Brennpunkt (focus) und ſeine Entfernung von der Krümmung des Glaſes, die Brennweite (distantia focalis) heißt — aus der nähmlichen Urſache, wie bey den Hohlſpiegeln: ſo kömmt alles darauf an, die Größe dieſer Brennweite zu kennen. Nun dieſe Brennweite wird gefunden: wenn man die Länge des einen Halbmeſſers mit der Länge des andern multiplicirt und das Produkt mit

der halben Summe dieſer Halbmeſſer (beym Meniskus, mit der halben Differenz) dividirt; oder, ſie iſt dem doppelten Produkte beyder Halbmeſſer, dividirt durch ihre Summe gleich; folglich

$$f = \frac{2 R r}{R + r}, \text{ wo}$$

R der Halbmeſſer der Vorderfläche
r der Halbmeſſer der Hinterfläche

bedeutet; unter der Vorderfläche diejenige verſtanden wird, die gegen den leuchtenden Punkt gekehrt iſt; und die Dicke des Glaſes, in Vergleichung mit den Halbmeſſern in keine Betrachtung kömmt, ſo daß man alſo die Brennweite, von welcher Fläche man will, rechnen kann.

Beym gleichförmig utrinque konvexen Glaſe alſo, wo $R = r$, iſt die Brennweite oder $f = \frac{2 R R}{R + R} = \frac{2 R^2}{2 R}$

$= \frac{R^2}{R} = R$; folglich dem gemeinſchaftlichen Halbmeſſer der beyden Flächen des Glaſes gleich. —

Bey einer Kugel von Glas, wo man aber die Dicke nicht bey Seite ſetzen darf, liegt der Brennpunkt um den vierten Theil ihres Durchmeſſers hinter derſelben.

Beym plankonvexen Glaſe, iſt die Brennweite oder $f = \frac{2\,R\,r}{r} = 2\,R$; oder $= \frac{2\,R\,r}{R} = 2r$, je nachdem r oder R unendlich iſt, d. h. je nachdem die ebene oder die erhabene Seite vorwärts — gegen den ſtrahlenden Punkt gekehret iſt, allemahl nähmlich ſo groß, als der erhabenen Seite Durchmeſſer. Eigentlich heißt auch hier die Formel nur $\frac{2\,R\,r}{R + r}$

Allein hier zeigt ſich recht der Nutzen der Analyſe, ſo wie überhaupt bey den optiſchen

Wiſſenſchaften. Wenn z. B. $R = \infty$, ſo iſt $\frac{2Rr}{R+r} = \frac{2\infty r}{\infty + r} = 2r$; oder in Zahlen, wenn $r = 4$, ſo iſt $\frac{2 . 4 . \infty}{4 + \infty}$ $= 2 . 4 = 8$; ja nicht $= \frac{2 . 4}{4}$; denn wenn zum Unendlichen auch etwas Endliches addirt wird, ſo bleibt es doch immer unendlich. Bey der Multiplikation aber iſt es anders.

Beym Meniskus iſt die Brennweite oder $f = \frac{-2Rr}{R-r}$ oder $\frac{-2Rr}{r-R}$; je nachdem die erhabene oder hohle Seite vorwärts d. h. gegen den leuchtenden Gegenſtand gekehrt iſt. Iſt nähmlich die erhabene Seite vorwärtr gekehrt, ſo iſt r verneint; iſt die hohle Seite vorwärts gekehrt, ſo iſt R verneint; denn R bedeutet ja immer den Halbmeſſer der Vorderfläche und r den Halbmeſſer der Hinterfläche.

— Mit andern Worten: man findet die Brennweite beym Meniskus, wenn man das Produkt der Halbmeſſer mit ihrer halben Differenz dividirt; oder ſie iſt gleich dem doppelten Produkte beyder Halbmeſſer durch ihren Unterſchied dividirt.

Beym utrinque planen Glaſe wäre die Brennweite oder $f = \frac{2 R r}{R + r}$

$$= \frac{2 . \infty . \infty}{\infty + \infty} = \infty$$

Aus dieſem Allen ergibt ſich deutlich genug, welche Erleichterung dieſe Formeln, bey der Zeichnung der Brechungsfälle gewähren, vorzüglich beym gleichförmig utrinque konvexen und beym planokonvexen Glaſe. Bey jenem iſt der Brennpunkt in der Entfernung des gemeinſchaftlichen Halbmeſſers; bey dieſem, in der Entfernung des Durchmeſſers der erhabenen Seite. Beym Meniskus müſſen

die Halbmeſſer gemeſſen werden, und dann liegt der Brennpunkt in der Entfernung des doppelten Produktes derſelben durch ihre Differenz dividirt.

Divergirende Strahlen, vereinigen ſich bey erhabenen Linſen, nach der Brechung auch zuweilen in einen Punkt. Dieſen Punkt nennt man zum Unterſchied vom Brennpunkte der parallelen Strahlen, den Vereinigungspunkt und ſeine Entfernung von der Krümmung des Glaſes die Vereinigungsweite. Für dieſe alſo gilt die Formel

$$\varphi = \frac{d\,f}{d - f}, \text{ wo}$$

d die Entfernung des Objektes vom Glaſe

f die Brennweite des Glaſes $= \frac{2\,R\,r}{R + r}$

bedeutet, und wo wieder die Dicke des Glaſes in Vergleichung mit den Halbmeſſern in keine Betrachtung kömmt, z. B. es ſey für einen Meniskus,

R = 3 Zoll

r = 4 Zoll, ſo iſt die Brennweite =

$$\frac{+2. +3. -4}{+3 -4} = +24.$$ Steht nun der leuchtende Gegenſtand 36 Zoll weit vor dem Glaſe, ſo iſt die Vereinigungsweite =

$$\frac{36 \,.\, 24}{36 - 24} = \frac{864}{12} = 72 \text{ Zoll.}$$

Es iſt nicht nöthig dieſe Formel durch alle erhabenen Linſengläſer durchzuführen, da es dabey weiter keine Abkürzungen gibt. Aber das verdient bemerkt zu werden, daß auch dieſe Formel ſo viele Erleichterung bey der richtigen Zeichnung ſolcher Fälle gewährt. Denn gerade dieſe Fälle — wo die divergirenden Strahlen nach der Brechung ſich in einen Punkt vereinigen — ſind beſonders ſchwer zu zeichnen. Die Linſen müſſen nähmlich ſehr dünne genommen werden, und da ſind dann die Inſtrumente zu grob und die Augen zu ſchwach. Nimmt man ſie dicker ſo wird der Raum zu enge, und es gibt

Unrichtigkeiten gerade wegen der Dicke der Linſe. Man weiß nähmlich nicht, von welcher Fläche man die Brennweite anfangen ſoll.

Für die Vereinigung der konvergirenden Strahlen bey erhabenen Linſen, gälte die nähmliche Formel, wie bey den divergirenden. Aber ſie iſt hier von keinem Gebrauch, weil jene Vereinigung in keine Betrachung kömmt.

Bey den Hohlgläſern findet überall gerade das Entgegengeſetzte Statt.

Dort iſt die negative Brennweite oder $f = \frac{2.-R.-r}{-R-r} = \frac{+2Rr}{-(R+r)}$

$= \frac{2Rr}{-R-r}$; und die negative Vereinigungsweite oder

$\varphi = \frac{+d.-f}{+d-(-f)} = \frac{-df}{d+f}$. Man nennt beyde auch die Zerſtreuungswei-

te, jene für parallele, dieſe für divergirende Strahlen.

§. 354—361.

Wie die Linſen Bilder zeigen.

Es iſt hierüber folgendes zu bemerken:

1. Der Ort des Bildes liegt im Konvergenzpunkte der gebrochenen Strahlen. Dieß iſt aus den Grundſätzen über den Ort der Bilder bekannt. Da ſich nun dieſer Konvergenzpunkt durch Rechnungen finden läßt, ſo wird ſich auch die Entfernung des Bildes durch Rechnung, und alſo durch eine allgemeine Formel beſtimmen laſſen. Mit einem Worte, Entfernung des Bildes und Vereinigungsweite (S. 422.) und Brennweite (S. 417.) iſt vollkommen einerley. Man findet ſie alſo nach der bekannten Formel:

$$\varrho = \frac{d\,f}{d-f}$$ (S. 304.), wo

d, die Entfernung des Objektes vom Glaſe, und f, die Brennweite desſelben $= \frac{2Rr}{R+r}$ (S. 302.) bedeutet. Die Entfernung des Objektes vom Glaſe verhält ſich immer zur Entfernung des Bildes von demſelben, wie der Halbmeſſer des Objektes zum Halbmeſſer das Bildes.

2. **Das Bild erſcheint immer vor dem Glaſe**, wenn der Gegenſtand hinter demſelben, und das Glas alſo zwiſchen beyden liegt. Bey den Bildern der Spiegel iſt dieß gerade umgekehrt, die Fälle ausgenommen, wo Gegenſtand und Bild vor denſelben iſt.

3. **Hohlgläſer geben keine Bilder, ſondern blos die konvexen.** Die Hohlgläſer zerſtreuen ja die Strahlen, wie wir geſehen haben. Da nun aber der Punkt eines Bildes nur da geſehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen ſich durchſchneiden, wo es alſo

einen Konvergenzpunkt der gebrochenen Strahlen gibt, dieſes aber bey Hohlgläſern nicht der Fall iſt: ſo ſieht man, daß ſie auch kein Bild von den Gegenſtänden machen können. Sie fahren aber aus dem Glaſe in einer ſolchen Lage auseinander, daß ſie rückwärts verlängert, hinter dem Glaſe in einerley Vereinigungspunkt zuſammen laufen würden. Daher nimmt man dieſen eingebildeten Vereinigungspunkt der Strahlen, als das Bild des Objektes an. Dieß Bild iſt aber nur ein **mathematiſches** und kein phyſiſches Bild.

4. **Auch Convexgläſer geben nur in gewiſſen Fällen Bilder.** Es iſt darüber folgendes zu bemerken:

a. **Wenn der Gegenſtand unendlich weit vom Glaſe entfernt iſt, ſo erſcheint das Bild im Brennpunkte des Glaſes.** Alle Strahlen nähmlich, die in dieſem Falle von dem Gegenſtande ausfahren und auf die Linſe fol-

len, ſind als parallel anzuſehen. Wenn aber parallele Strahlen auf konvexe Linſen fallen, ſo werden ſie nach der Brechung in dem Brennpunkt derſelben vereinigt. (S. 300.) Man kann alſo auch ſagen: wenn (mit der Axe des Glaſes) parallele Strahlen auf erhabene Linſen fallen, ſo erſcheint das Bild im Brennpunkt derſelben. Näher kann kein Bild dem Glaſe liegen, als der Brennpunkt liegt.

b. Wenn ſich der ſtrahlende Gegenſtand im Brennpunkt des Glaſes befindet, ſo macht er gar kein Bild. Er kann nähmlich in dieſem Falle nur divergirende Strahlen auf die Linſe ſchicken. Divergirende Strahlen werden aber, wenn der leuchtende Gegenſtand ſich im Brennraum befindet, nach der Brechung zu parallelen (S. 300.) die alſo nie, oder in einer unendlichen Entfernung zuſammenlaufen. Man kann alſo auch ſagen: der

Gegenſtand, macht ein unendlich groſſes Bild, in einer unendlichen Entfernung.

c. Wenn der Gegenſtand weiter vom Glaſe, als der Brennpunkt liegt, (nur nicht unendlich weit (a)) ſo erſcheint das Bild verkehrt und weiter vom Glaſe entfernt, als die Brennweite beträgt. Der leuchtende Gegenſtand, kann nähmlich in dieſem Falle, wieder nur divergirende Strahlen auf die Linſen ſchicken. Divergirende Strahlen werden aber, wenn die Entfernung des Gegenſtandes gröſſer iſt, als die Brennweite, nach der Brechung konvergirend (S. 300). — Je näher das Objekt dem Brennpunkte des Glaſes kömmt, deſto weiter rückt das Bild vom Glaſe weg und wird zugleich deſto gröſſer. Es verſchwindet endlich ganz, wenn das Objekt in den Brennpunkt des Glaſes zu ſtehen kömmt. (b)

d. Wenn der Gegenſtand näher nach dem Glaſe liegt, als der

Brennpunkt, ſo kann gar kein Bild entſtehen. Es kommen nähmlich hier wieder nur divergirende Strahlen in Betrachtung. Dieſe fahren aber in dieſem Falle nicht zuſammen, ſondern bleiben divergirend, obgleich ihre Divergenz etwas vermindert wird. (S. 300.) Es gibt alſo für das Auge, keinen Convergenzpunkt der gebrochenen Strahlen.

5. **Convergläſer geben alſo nur in den zwey Fällen Bilder, wenn parallele Strahlen auf ſie fallen, und wenn divergirende von einem Gegenſtande kommen, der weiter vom Glaſe entfernt iſt, als die Brennweite beträgt.** — Mit einer **Lichtflamme** kann man ſich dieß recht ſinnlich erläutern. Das Bild davon; ſtellt ſich hinter einer konvexen Linſe klein und verkehrt dar, wenn die Flamme weit vom Brennpunkt der Linſe entfernt iſt; wird größer und entfernter, wenn die

Flamme dem Brennpunkte näher kömmt; und verſchwindet endlich ganz, wenn die Flamme in den Brennpunkt tritt.

IV. Disjunktion der Lichtſtrahlen.

(Spaltung des Lichts. — Farbenlehre.)

Wir haben bisher das Licht, als einfach, und gleichartig betrachtet. Aber ſo iſt es nicht; es iſt vielmehr zuſammengeſetzt und gemiſcht. Jeder Lichtſtrahl läßt ſich als ein Bündel von verſchiedenen Lichtſtrahlen betrachten; jeder läßt ſich in mehrere andere ſpalten, die dem Stamme durchaus nicht mehr gleichen. Dieſe Eigenſchaft derſelben, könnte man die Spaltung oder Disjunktion des Lichts nennen. Gewöhnlicher wird ſie, weil die Spaltung durch eine verſchiedene Brechung bewirket wird, die verſchiedene Brechbarkeit des Lichts (diversa refrangibilitas lucis) genannt, und beym

Artikel der Refraktion abgehandelt, von dem ſie auch als ein Appendix angeſehen werden kann.

Die größte Entdeckung die Newton gemacht hat, iſt unſtreitig die Spaltung des Lichts durch das Prisma. Er machte ſie im J. 1666, in eben demſelben, in welchem er auch das allgemeine Gravitationsgeſetz entdeckte, und gründete darauf ſeine wahrſcheinlich ewig beſtehende Theorie von den Farben. Zuerſt von jener Entdeckung, und dann von dieſer Anwendung derſelben. Und dabey überall auch von Eulers Meinung über die nähmlichen Gegenſtände.

§. 362—366.

Newtons Erfahrung mit dem Prisma.

Die vorzüglichſten Erfahrungen, welche Newton über die Spaltung des Lichts durch das Prisma machte, ſind folgende:

1. Wenn man durch ein kleines rundes Loch, von ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmeſſer, die Sonnenſtrahlen AB (Fig. 65.) in ein dunkles, verfinſtertes Zimmer gehen, und daſelbſt auf ein gläſernes, horizontal geſtelltes, dreyſeitiges Prisma CDE fallen läßt; ſo bilden ſie nach dem Durchgang durch das Prisma auf der vertikal ſtehenden Wand FG, ein längliches Farbenbild HI (spectrum), das an den beyden Seiten durch gerade, parallele Linien, oben und unten aber von Halbkreiſen begränzt iſt; und an welchem leicht, von unten nach oben zu, folgende Farben zu unterſcheiden ſind:

1. roth (rubeus, rouge)
2. orange (aurantius, orange)
3. hellgelb (flavus, jaune)
4. grün (viridis, verd)
5. hellblau (caeruleus, bleu)
6. indigoblau (indicus, indigo)
7. violett (violaceus, violet.)

Anſtatt alſo, daß die Strahlen, ein rundes weißes Bild der Sonne bilden ſollten, weil ja bey der Brechung in ebenen Flächen, parallele Strahlen parallel bleiben: bilden ſie dieſes länglichte Farbenbild, das gerade fünf Mahl länger, als breit, und ſo breit iſt, als das runde, weiße Bild ſeyn würde, das ſie ohne Prisma hervorgebracht haben würden. — Das nähmliche findet auch bey jeder andern Art von Lichtſtrahlen Statt, und nicht allein bey den eigentlichen Sonnenſtrahlen.

2. Wenn was immer für einer von den ſieben gefärbten Strahlen, durch eine geſchickte Vorrichtung, von den übrigen abgeſondert und mit einem zweyten Prisma aufgefangen wird: ſo verändert er nach dem Durchgang durch dieſes Prisma ſeine Farbe nicht und bildet auf der Wand ein kreisförmiges Bild, und dieſes Bild erſcheint daſelbſt, entweder höher oder nie-

driger, je nachdem es einer von den Strahlen iſt.

Die Vorrichtung, der ſich Newton zu dieſer Erfahrung bediente, war folgende. Hinter das Prisma C D E (Fig. 66.) ſtellte er in vertikaler Lage und in hinlänglicher Entfernung ein Brett K L mit einem kleinen Loche, und ließ durch dieſes Loch einen Theil des im Prisma gebrochenen Lichtes beſonders gehen. Um aber die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen deſto beſſer abzuſondern, ließ er jenen Theil des Lichtes noch einmahl durch die eben ſo große Oeffnung eines andern Brettes M N treten, das mit dem erſten parallel und etwa 12 Fuß davon entfernt war. Hinter dieſem Brette fing er nun den durchgehenden Strahl mit einem zweyten Prisma O P Q auf, und erhielt die obige Erſcheinung.

Durch ſanfte Umdrehung des erſten Prisma um ſeine Axe, brachte er nach und nach alle einfach gefärbten Strahlen des ſieben-

fachen Farbenbildes durch das Loch in den Brettern, und erhielt nicht nur bey einem jeden dieſelbe Erſcheinung, ſondern fand auch, daß, wenn er die einzelnen Strahlen unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma brachte, das rothe Bild des rothen Strahls, auf der Wand am niedrigſten, etwas höher das orangegelbe des orangegelben, noch etwas höher das hellgelbe des hellgelben, und ſo fort das Bild eines jeden in eben der Ordnung zu liegen kam, in welcher die Farben im Farbenbilde von unten auf nach oben zu liegen.

3. Wenn man alle ſieben durch das Prisma gebrochenen Strahlen auf eine bikonvexe Linſe fallen läßt, und in den Brennpunkt derſelben ein weißes Blatt Papier hält: ſo geben ſie daſelbſt wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne. — Hält man dieß Papier näher nach der Linſe zu, ſo erſcheint das alte Farbenbild wieder, nur mehr verengert, und in der

gewöhnlichen Ordnung der Farben. Fängt man aber mit demſelben, die Strahlen in einer größeren Entfernung, als die Brennweite beträgt, auf: ſo erſcheint auch wieder das Farbenbild; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, weil ſich die Strahlen im Brennpunkte der Linſe durchkreuzen. Und weil ſie nun auch auseinander fahren: ſo wird das umgekehrte Farbenbild deſto größer, je weiter man das Papier entfernt.

Aus dieſen und mehreren andern Erfahrungen leitete Newton mit Recht folgenge wichtige zwey Wahrheiten her:

1. Das weiße Licht beſteht aus einer Miſchung von ſieben verſchiedenen Strahlen, deren jeder ſeine beſtimmte und unveränderliche Farbe hat. Eigentlich aus unzählbaren, unter welchen ſich jedoch die ſieben obengenannten am kenntlichſten auszeichnen. — Dieſe Farbe iſt alſo nicht nur

eine Modifikation des Lichts durch die Brechung und Zurückwerfung, welche es von den Körpern erleidet, ſondern eine urſprüngliche und eigenthümliche Eigenſchaft desſelben.

Dieſe ſieben Farben — welche durch die Brechung in einem dreyſeitigen Prisma keine Veränderung erfahren, nennt Newton einfache, gleichartige, homogene Farben, im Gegenſatz der zuſammengeſetzten, ungleichartigen und heterogenen, welche durch eine ſolche Brechung allerdings verändert werden.

Auch beſtimmte er das Verhältniß, in welchem die ſieben einfachen Farben, in dem weißen Lichte ſich vermiſcht befänden. Er fand nähmlich, daß wenn die Länge des prismatiſchen Farbenbildes = 1 geſetzt wird: die Höhe der einzelnen farbichten Strahlen folgende ſey:

des rothen		½	=	0, 5
des orangegelben	=	3/40	=	0, 0705
des hellgelben	=	2/15	=	0, 1333
des grünen	=	1/6	=	0, 1666. . .
des hellblauen	=	1/6	=	0, 1666. . .
des indigoblauen	=	1/9	=	0, 1111. . .
des violetten	=	2/9	=	0, 2222. . .

und hieraus folgerte er natürlich, daß in dem weißen gemiſchten Lichte, von den violetten Strahlen das meiſte, von den grünen und hellblauen, die gleich darauf folgen, gleichviel vorhanden ſey; daß hierauf die hellgelben, hierauf die rothen, hierauf die indigoblauen, und zuletzt die orangegelben folgen, von welchen am wenigſten vorhanden iſt.

2. Die verſchiedenen Gattungen des weißen Lichts beſitzen, in einerley brechenden Mitteln, eine verſchiedene Brechbarkeit, und eben durch dieſe verſchiedene

Brechbarkeit wird ihre Abſonderung oder die Spaltung des weißen Lichts bewirkt.

Mit großem Scharfſinn hat Newton ſelbſt das Brechungsverhältniß der verſchiedenen Gattungen des weißen Lichts gefunden. Durch viele und ziemlich übereinſtimmende Verſuche, ergab ſich nähmlich dieß Verhältniß aus Glas in Luft

für rothes Licht	= 50 :	77 bis $77\frac{1}{8}$
für orangegelbes	= 50 :	$77\frac{1}{5}$
für gelbes	= 50 :	$77\frac{1}{3}$
für grünes	= 50 :	$77\frac{1}{2}$ = 20 : 31
für hellblaues	50 :	$77\frac{2}{3}$
für indigoblaues	= 50 :	$77\frac{7}{9}$
für violettes	= 50 :	$77\frac{7}{9}$ bis 78;

oder der gemeinſchaftliche Einfallsſinus = 1 geſetzt, ſo iſt das Brechungsverhältniß

für rothes Licht	= 1 :	1,54 bis 1,5425
für orangegelbes	= 1 :	1,544

für hellgelbes	= 1 :	1, 54667
für grünes	= 1 :	1, 55
für hellblaues	= 1 :	1, 55333
für indigoblaues	= 1 :	1, 55555
für violettes	= 1 :	1, 56

Die größte Brechbarkeit des violetten, und die kleinſte des rothen Strahls iſt alſo gegeneinander wie 1, 56 : 1, 54 oder wie 78 : 77.

Theilt man das prismatiſche Farbenbild, nach Verhältniß dieſer Brechungsſinuſſe in ſieben Theile; ſo wird A C (Fig. 67.) = $\frac{1}{8}$, AD = $\frac{1}{6}$, AE = $\frac{1}{2}$, AF = $\frac{1}{2}$, AG = $\frac{2}{3}$, AH = $\frac{7}{9}$, AB = 1.

Und hieraus wird eben beſtimmt, welchen Raum eine jede Farbe einnehme. Es iſt nähmlich:

für die rothe

$$AC = \frac{1}{8}$$

für die orangegelbe

$$CD = AD - AC = \frac{1}{5} - \frac{1}{8} = \frac{3}{40}$$

für die hellgelbe

$$DE = AE - AD = \tfrac{1}{3} - \tfrac{1}{4} = \tfrac{1}{12}$$

für die grüne

$$EF = AF - AE = \tfrac{1}{2} - \tfrac{1}{3} = \tfrac{1}{6}$$

für die hellblaue

$$FG = AG - AF = \tfrac{2}{3} - \tfrac{1}{2} = \tfrac{1}{6}$$

für die indigoblaue

$$GH = AH - AG = \tfrac{7}{9} - \tfrac{2}{3} = \tfrac{1}{9}$$

für die violette

$$HB = AB - AH = 1 - \tfrac{7}{9} = \tfrac{2}{9}$$

§. 367–372.

Theorie der Spaltung des Lichts.

Newton ſucht die Urſache der verſchiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtſtrahlen, in der verſchiedenen Größe der Kügelchen, woraus er eine jede Art beſtehen läßt, und glaubt die violetten Lichttheilchen ſeyen die kleinſten, die rothen aber die größten.

Nach Euler hingegen beſteht das Zuſammengeſetzte eines Lichtſtrahls, in der ungleichartigen Geſchwindigkeit, mit welcher derſelbe eine Reihe von Schlägen dem Aether ertheilt. Die Schläge, welche ſchneller auf einander folgen, werden weniger gebrochen, als die, welche weiter von einander liegen, und ſo entſtehen alſo durch das Brechen aus einem Strahle mehrere.

§. 373—375.

Newtons Meinung, wie die Körper Farben zeigen.

So intereſſant auch die Erfahrungen Newtons mit dem Prisma und die daraus hergeleiteten Wahrheiten ſchon an und für ſich ſelbſt ſind: ſo werden ſie es doch noch weit mehr, durch die Anwendung auf die verſchiedenen Farben der Körper, welche Newton davon macht, und wobey es auf folgende vier Sätze ankömmt:

1. Die Abſonderung der gefärbten Strahlen, aus welchen das weiße Licht beſteht, geſchieht nicht allein durch das Glas, ſondern durch jeden durchſichtigen Körper, deſſen Flächen brechende Winkel bilden. — Nimmt man anſtatt des Priſma z. B. ein koniſches, mit Waſſer gefülltes Gefäß, oder auch ein gläſernes, hohles und mit Waſſer *gefülltes Priſma*; ſo erfolgt dieſelbe Abſonderung der Strahlen. —

2. Alle Körper ſind in den dünneſten Blättchen ihrer Oberfläche durchſichtig; und hier geſchieht an den Lichtſtrahlen eben das, was ihnen im Priſma widerfährt. — Die Annahme der Durchſichtigkeit der dünnſten Blättchen der Körper hat durchaus nichts Widerſprechendes. Sie wird durch das Mikroſcop und durch die Chemie beſtätiget. Die Stäubchen der feſteſten Materien

erſcheinen durchſichtig, wenn man ſie genug vergrößert. Eben ſo werden auch die Auflöſungen der Metalle durchſichtig. — Was die Abſonderung der verſchiedenen Lichtſtrahlen, mittelſt der verſchiedenen Brechung in dieſen dünnen, durchſichtigen Blättchen betrifft: ſo wird ſie dadurch beſtätiget, daß überhaupt alle ſehr dünnen, durchſichtigen Blättchen, wie z. B. die Seifenblaſen, eine gewiſſe Farbe zeigen, die von ihrer verſchiedenen Dicke abhängt. Berühmt ſind Newtons Erfahrungen über die Luftblättchen, bey zwey erhabenen Gläſern von einem großen Halbmeſſer, wenn man ſie gegen einander drückt.

3. Alle Körper beſitzen die Eigenſchaft, dieſen oder jenen der ſieben auf ihrer Oberfläche, durch die verſchiedene Brechung abgeſonderten Lichtſtrahlen zurückzuwerfen, die übrigen aber, entweder durchzulaſſen oder zu ver-

ſchlucken. — Dieß iſt nun freylich eine Hypotheſe — die aber auf vielfacher Analogie der Natur beruht. Wenn man auf durchſichtige Gläſer, die gleichförmig, roth oder blau gefärbt und auf beyden Flächen eben ſind, die aus einem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen, in der Entfernung von einem Fuß fallen läßt: ſo läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt. Ueberhaupt erſcheinen Körper von allerley Farben, durch gefärbte, durchſichtige Gläſer allerley Art betrachtet, dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, daß das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Man ſchließt hieraus, daß die übrigen gefärbten Strahlen, von dem Glaſe, auf irgend eine, uns unbekannte Art verſchluckt werden müßen. Und warum ſollte dieß nicht auch bey undurchſichtigen Körpern der Fall ſeyn, beſonders da man, wenigſtens ihre

Oberflächen, ſich als dünne, durchſichtige Lamellen denken muß? — Doch Newton ſuchte ſeine Hypotheſe ſelbſt durch die Erfahrung zu beſtätigen. Er brachte gefärbte Körper, in das durch das Prisma abgeſonderte, mit ihnen gleichartige Licht, und fand, daß ſie daſelbſt am lebhafteſten und glänzendſten ausſehen. So z. B. ſieht Zinober in dem rothen Lichte am lebhafteſten aus, im grünen Lichte nicht ſo ſehr, im blauen noch weniger. Und dieß begünſtigte allerdings ſeine Meinung, daß nicht das ganze Bündel weißer Strahlen zurückgeworfen, ſondern daß dasſelbe, ſobald es die reflektirende Fläche berührt, daſelbſt verſchiedentlich gebrochen und abgeſondert, ein Theil davon verſchluckt oder durchgelaſſen, und nur der übrige Theil zurückgeworfen werde. — Warum nur freylich gerade dieſer oder jener gefärbte Strahl zurückgeworfen werde: das gehört vor das Forum der höhern Chemie, und wer weiß, ob auch dieſe je

darüber einen befriedigenden Aufſchluß wird geben können!

4. Je nachdem ein Körper dieſen oder jenen Lichtſtrahl zurückwirft, erſcheint er uns von der Farbe, welche der Lichtſtrahl hat. So ſendet z. B. Mennig die am wenigſten brechbaren oder rothen Strahlen am häufigſten zurück und erſcheint daher roth; — Veilchen werfen die am *meiſten* brechbaren oder violetten Strahlen zurück, und erſcheinen violett. Und überhaupt werfen alle Körper diejenigen Strahlen, welche zu ihren eigenen Farben gehören, häufiger als die andern zurück. — Wenn leuchtende Körper eine gewiſſe Farbe zeigen, ſo ſtrömen ſie nur eine Art von Lichtſtrahlen allein, wenigſtens nicht alle ſieben zugleich aus, als im welchem Falle, ſie dem Auge weiß erſcheinen würden. — Wie es übrigens zugehe, daß dieſe, oder jene Gattung des Lichts, im Auge diejenige Empfindung be-

wirke, mit der die Vorſtellung dieſer oder jener Lichtfarbe verknüpft iſt, macht keinen Gegenſtand unſerer Erfahrungskenntniß aus, und gehört alſo nicht in die Phyſik.

Weiß erſcheint ein Körper, wenn er alle Gattungen des weißen Lichts zurückwirft, oder, wenn es ein leuchtender Körper wäre, ausſtrömt. Die weiße Farbe entſteht folglich, wenn ein Körper, die weißen Strahlen unzerſetzt in unſer Auge ſchickt, und ſie iſt alſo eine Vermiſchung aller Grundfarben im gehörigen Verhältniſſe. Newton erwieß dieß durch verſchiedene Verſuche. Einer derſelben war auch folgender. Theilt man die Peripherie eines Kreiſes nach Verhältniß der Räume ein, welche die ſieben Farben in dem prismatiſchen Farbenbilde einehmen: ſo kommen

Für das	rothe Licht	45 Grade.
— —	orangegelbe	27 —
— —	hellgelbe	48 —
— —	grüne	60 —

für das hellblaue 60 Grade.
— — indigoblaue 40 —
— — violette 80 —

Man beſchreibe nun auf einer runden Scheibe C (Fig. 68) zwey concentriſche Kreiſe, und theile jeden derſelben in ſieben Theile nach dem eben angegebenen Verhältniß, und bemahle die Fläche eines jeden Theils mit einem ſeiner correſpondirenden Pigmente. Wird nun die Scheibe, um ihre Axe ſchnell herumgedreht: ſo erſcheint ſie weiß; bey einem anderen Verhältniſſe der Farben aber gegen einander, gibt ſie eigene Farben.

Schwarz iſt die Abweſenheit alles Lichtes und aller Farben; denn es läßt ſich durch keine Vermiſchung von Farben hervorbringen, und iſt alſo eigentlich keine Farbe. Die Erſcheinung des Schwarzen wird dadurch bewirkt, daß gewiſſe Körper, alle Lichtſtrahlen verſchlucken, und keinen derſelben zurückwerfen — weßwegen auch

ſchwarzes Tuch z. B. ſo warm iſt. — Das abſolute Schwarz würde entſtehen, wenn ein Körper gar kein Licht in unſer Auge ſendete. Allein, ein ſolches gibt es wohl nicht in der Natur. — Ziegel ſind inwendig ſchwarz, ſo wie alle Kühe bey der Nacht.

§. 376—378.

Eulers Meinung, wie die Körper-Farben zeigen.

Die Euleriſche Meinung, wie die Körper Farben zeigen, lernt man am beſten aus ſeinen eigenen Worten kennen. Es ſey mir daher erlaubt einen ſeiner Briefe über verſchiedene Gegenſtände aus der Naturlehre, nach der Krieſiſchen Ueberſetzung, hier ganz abzuſchreiben.

„Die Unwiſſenheit in Anſehung der „wahren Natur der Farben hat von jeher „große Streitigkeiten unter den Philoſo=

„phen veranlaßt. Ein jeder war bemüht, „ſich durch eine beſondere Meinung über „dieſen Gegenſtand auszuzeichnen. — Die „Meinung, daß die Farben ihren Sitz in „den Körpern ſelbſt hätten, ſchien ihnen zu „gemein, und eines Philoſophen, der ſich „immer über das Gewöhnliche erheben muß, „nicht würdig genug. Sie behaupteten da„her, daß die Farben nichts Wirkliches wä„ren, und daß in den Körpern ſelbſt nichts „läge, was ihnen entſpräche. Die Newto„nianer ſetzen den Unterſchied der Farben „bloß in die Verſchiedenheit der „Strahlen, die ſie in rothe, gelbe, grü„ne, blaue und violette eintheilen; und ſie „ſagen, daß ein Körper uns von dieſer oder „jener Farbe zu ſeyn ſcheine, wenn er Licht„ſtrahlen von dieſer Gattung zurückwerfe. — „Andere, welchen dieſe Meinung nicht ſub„til genug ſchien, nahmen an, daß die Far„ben bloß in der Vorſtellung vorhanden „wären. Das iſt unſtreitig das beſte Mittel

„ſeine Unwiſſenheit zu verbergen; ſonſt „könnte der gemeine Mann glauben, „daß der Gelehrte von der Natur der „Farben nicht mehr wiſſe, als er. Ew. H. „werden aber leicht ſehen, daß dergleichen „Spitzfindigkeiten nichts als Ausflüchte „ſind.“

„Man könnte vielleicht auf die Vermu„thung kommen, daß die verſchiedenen Far„ben von der verſchiedenen Stär„ke der Lichtſtrahlen herrühren, ſo daß „die ſtärkſten Strahlen, z. B. rothe Farbe „hervorbrächten, etwas ſchwächere, die gel„be u. ſ. w. Aber es iſt nichts leichter, „als dieſe Meinung zu widerlegen; da wir „aus Erfahrung wiſſen, daß derſelbe Kör„per immer dieſelbe Farbe behält, er mag „ſchwach oder ſtark beleuchtet ſeyn. Ein „rother Körper z. B. bleibt roth, man mag „ihn in den hellſten Sonnenſchein halten, „oder an einen dunkeln Ort ſtellen, wo die „Strahlen ſehr ſchwach ſind. Man] kann

„daher die Urſache der verſchiedenen Farben, „nicht in den verſchiedenen Graden der Stär„ke des Lichtes ſuchen.“

„Es muß ſich alſo durchaus noch ein „anderer Unterſchied unter den Lichtſtrah„len finden, woraus ſich die Verſchieden„heit der Farben herleiten läßt; und wo„rin könnte dieſer anders liegen, als in „der verſchiedenen Anzahl der „Schwingungen, wodurch die Strah„len erzeugt werden? — Eine jede einfache „Farbe (um ſie von den gemiſchten zu un„terſcheiden) rührt von einer beſtimmten „Anzahl von Schwingungen her, die in „einer gewiſſen Zeit geſchehen. So bringt „eine gewiſſe Anzahl von Schwingungen in „einer Sekunde die rothe Farbe hervor, „eine andere die gelbe, eine andere die grü„ne, wieder eine andere die blaue, und „noch eine andere die violette, welches die „einfachen Farben ſind, ſo wie wir ſie im „Regenbogen ſehen.“

„Wir müſſen uns vorſtellen, daß die „kleinſten Theilchen auf der Ober„fläche eines Körpers ſich wie die „Saiten eines Inſtruments, in „einer gewiſſen Spannung be„finden, die durch ihre Maſſe und Elaſti„cität beſtimmt wird, und daß, wenn ſie „nur auf die gehörige Weiſe berührt wer„den, ſie in eine ſchwingende Bewegung „gerathen, die nach dem Grade der Span„nung ſchneller oder langſamer ſeyn wird. „Wenn alſo die Theilchen eines Körpers ei„ne ſolche Spannung haben, daß, wenn „ſie erſchüttert werden, ſie in einer Sekunde „ſo viel Schwingungen machen, wie z. B. „die rothe Farbe erfordert: ſo nenne ich „dieſen Körper roth, ſo gut wie der Bau„er, und ich ſehe keinen Grund, warum „ich von der einmahl angenommenen Art zu „ſprechen abgehen ſollte. Mit gleichem Rech„te, wird man auch die Strahlen, welche „eben ſo viel Schwingungen machen, roth

„nennen können; und wenn die Nerven des „Auges von dieſen Strahlen berührt wor„den, ſo haben ſie die Empfindung der ro„then Farbe.“

„Dieß iſt alles klar und deutlich, und „ich ſehe keine Nothwendigkeit zu dunkeln „und geheimnißvollen Ausdrücken, die im „Grunde zu nichts taugen, meine Zuflucht „zu nehmen. Freylich ſind wir noch nicht „ſo weit gekommen, die Anzahl der Schwin„gungen einer jeden Farbe zu beſtimmen, „und wir wiſſen ſogar noch nicht einmahl, „welche Farben mehr oder weniger Schwin„gungen erfordern, oder welche Farben den „feinen, und welche den groben Tönen ent„ſprechen. Aber es iſt genug zu wiſſen, daß „eine jede Farbe ihre beſtimmte Anzahl von „Schwingungen hat, wenn gleich dieſe An„zahl uns noch unbekannt iſt, und daß es „nur darauf ankömmt, die Spannung, oder „die Elaſticität der kleinſten Theilchen eines

„Körpers zu ändern, um ihm eine andere „Farbe zu geben.“

„Die Aehnlichkeit zwiſchen dem Schalle „und dem Lichte iſt ſo groß, daß ſie ſich auch „in den geringſten Umſtänden beſtätigt. Da „ich von dem Verſuche mit der geſpannten „Saite ſprach, die durch den bloßen Klang „gewiſſer Töne bewegt wird: ſo werden Ew. „H. ſich erinnern, daß ich ſagte, daß die „Saite durch denjenigen Ton am leichteſten „und ſtärkeſten erſchüttert werde, der dem „ihrigen gleich iſt, und daß andere Töne „nur in dem Grade einen wirkſamen Ein„druck machen, als ſie mit der Saite zu„ſammenſtimmen. Gerade ſo iſt es auch mit „dem Lichte und den Farben beſchaffen; denn „die Farben ſind hier das, was die Töne „in der Muſik ſind.“

„Um ſich von dieſer Sache, wodurch „mein Syſtem ſo ſehr beſtätiget wird, zu „überzeugen, mache man ein Zimmer ganz „finſter; in den Fenſterladen wird ein klei=

„nes Loch gemacht, und vor daſſelbe in einiger Entfernung ein Körper von einer gewiſſen Farbe; z. B. ein Stück rothes Tuch „ſo befeſtigt, daß, wenn es erleuchtet iſt, „ſeine Strahlen durch das Loch in das Zimmer fallen. Auf die Art werden nur rothe „Strahlen in das Zimmer kommen, weil „allem andern Licht der Zugang verſchloſſen „iſt. Hält man nun in dem Zimmer der „Oeffnung gegeuüber ein Stück Tuch von „derſelben Farbe: ſo wird es vollkommen „erleuchtet, und ſeine rothe Farbe ſehr glänzend ſeyn; wenn man aber an die nähmliche Stelle ein Stück grünes Tuch bringt, „ſo wird es dunkel bleiben, und man wird „faſt nichts von ſeiner Farbe ſehen. Sobald „man nun aber außerhalb dem Zimmer vor „der Oeffaung auch grünes Tuch befeſtigt, „ſo wird das grüne innerhalb dem Zimmer „ſehr hell erleuchtet, und ſeine grüne Farbe überaus lebhaft werden. Und gerade ſo geht es auch mit den übrigen Farben.“

„Ich denke, einen einleuchtendern Be„weis für die Richtigkeit meines Syſtems „kann es nicht geben. Wir ſehen alſo dar„aus, daß um einen Körper von einer ge„wiſſen Farbe zu erleuchten, Strahlen von „derſelben Farbe dazu erfordert werden; „weil die Strahlen von einer andern Far„be nicht im Stande ſind, die Theile die„ſes Körpers in Bewegung zu ſetzen. Dieß „wird auch durch einen ſehr bekannten Ver„ſuch beſtätigt. Wenn man Weingeiſt in „einem Zimmer anzündet, ſo wiſſen Ew. „H. daß die Flamme blau iſt, und mithin „nur blaue Lichtſtrahlen hervorbringt; da„her ſehen alle Perſonen in dieſem Zimmer „ſehr bleich und todtenfarbig aus, ſo ge„ſchminkt, oder ſo roth ſie auch ſeyn mö„gen. Der Grund davon iſt ſehr deutlich; „denn die blauen Strahlen ſind nicht fä„hig die rothe Farbe des Geſichts in Schwin„gung zu bringen; und man ſieht nur eine „bläulichte und ſchwache Farbe; wenn aber

„einer aus der Geſellſchaft ein blaues Kleid „an hat, ſo wird dieſes hinwiederum vor„züglich glänzend erſcheinen.“

„Die Strahlen der Sonne, einer Wachs„kerze, oder eines gewöhnlichen Lichtes er„leuchten alle Körper beynahe auf gleiche „Weiſe; woraus man ſchließt, daß die Son„nenſtrahlen alle Farben zugleich in ſich „faſſen, wenn gleich ihr Licht eigentlich „gelblicht zu ſeyn ſcheint. Und in der That, „wenn man in ein Zimmer Strahlen von „allen einfachen Farben, rothe, gelbe, grü„ne, blaue und violette, in ziemlich glei„cher Menge fallen läßt, und vereinigt ſie „alsdann zuſammen, ſo entſteht daraus ei„ne weißlichte Farbe. Man macht denſelben „Verſuch, auch mit verſchiedenen Pulvern „von den erwähnten Farben, die, wenn ſie „gehörig vermiſcht werden, auch eine weiß„lichte Farbe geben. Hieraus zieht man „den Schluß, daß die weiße Farbe nichts „weniger, als eine einfache, ſondern viel-

„mehr eine aus allen einfachen zuſammen„geſetzte Farbe iſt; daher ſehen wir auch, „daß das Weiße gleich geſchickt iſt, alle „Farben anzunehmen. Was das Schwar„ze anbetrifft, ſo iſt es eigentlich keine Far„be. Ein Körper iſt nähmlich ſchwarz, wenn „ſeine Theile ſo beſchaffen ſind, daß ſie kei„ne Schwingungen machen können, oder „keine Lichtſtrahlen hervorbringen. Alſo iſt „es der Mangel aller Strahlen, was uns „die Empfindung der ſchwarzen Farbe er„regt, und je mehr Theile ſich auf der Ober„fläche eines Körpers befinden, die keiner „Schwingung fähig ſind, deſto dunkler und „ſchwärzlichter ſieht er aus.“

„Den 15ten July 1760.“

§. 379—380.

Gemiſchte Farben.

Die gemiſchten oder zuſammengeſetzten Farben entſtehen daher, daß

die Körper, welche dieſelbe haben, nicht bloß eine Art von einfachem Lichte, ſondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältniſſen mit einander verbunden ſeyn können, in das Auge ſchicken. Wahrſcheinlich iſt auch kein Körper in der Natur vorhanden, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückſtrahlte.

Ovid ſagt: (Fastor. V., 213.)

Saepe ego digestos volui numerare colores,

Nec potui, numero copia major erat.

Dieß hat nun der unſterbliche Tobias Mayer gethan. Er hat gefunden, daß man 19 Farben von gleicher Spannung unterſcheiden könne. Aber mit den verſchiedenen Abſtufungen, welche dieſe Farben durch die Erhöhung mit weiß erhalten können, brachte er 819 Farben heraus, welche das menſchliche Auge noch unterſcheiden kann.

Er nimmt drey Grundfarben an, gelb, blau, roth, weil dieſe durch keine Zuſam-

menſetzung anderer Farben erhalten werden können, aus ihrer Verbindung aber, alle übrigen Farben entſtehen, da bekanntlich
gelb und blau = grün,
gelb und roth = purpurfarb,
blau und roth = orange,
geben. Er ſtellt ſich nun jede der drey Grundfarben, wenn ſie rein iſt, in zwölf Theile getheilt vor, und ſetzt jedes Zwölftheil einer andern Farbe, mache dem Auge was Neues empfindlich, z. B. 11 Theile blau, und 1 Theil roth; oder 10 Theile blau, 1 Theil roth und 1 Theil gelb.

Es laſſen ſich nun 12 aus 2 Theilen 33mahl, und aus 3 Theilen 55mahl zuſammen ſetzen. Nimmt man dazu die 3 einfachen Farben: ſo kommen alſo 91 Farben heraus; und dieſe 91 Farben ordnete Mayer in ſeinem berühmten Farbentriangel folgender maſſen: die 3 einfachen ſetzte er in gleiche Weiten von einander, in die Winkel des gleichſeitigen Dreyecks

R G B. (Fig. 69.) Von einer jeden zur andern ließ er die Miſchungen aus ihnen beyden gehen. So z. B. beſteht die nächſte Farbe, an der Hauptfarbe G aus 11 Theilen G, und einem Theil der andern Hauptfarbe, wohin dieſe Reihe führt, z. B. B, die zweyte Farbe beſteht dann aus 10 G und 2 B; die ſechſte aus 6 G und 6 B u. ſ. w. Die Miſchungen aus drey Farben, ſind innerhalb dieſer drey Hauptreihen enthalten.

Werden nun die Abſtufungen dieſer 91 Farben zwiſchen Schwarz und Weiß in ein Prisma oder in eine Pyramide vertheilt; ſo kommen 364. 2 = 728, und zu dieſer Pyramidalzahl, die Triangularzahl 91 gezählt, gibt 819 Farben.

Bey dieſer Gelegenheit ſprach Lichtenberg auch von Mayers Wachsmahlerey. Sie beſtand darinnen, Figuren in Wachscylindern, die ganze Tiefe hiedurch ſichtbar zu zeichnen. Er hatte dabey die

Abſicht die Farben in Wachs zu erhalten. Eine andere Abſicht war: Bacchus und Erigene. Er hat dieſe Kunſt niemand bekannt gemacht, und ſie iſt bis jetzt von niemand wieder erfunden. Das Geheimniß iſt mit ihm ausgeſtorben.

In der Lehre der Farbenmiſchung iſt vor Mayer wenig geſchehen. Auch jetzt ſind wir darinn hauptſächlich deßwegen nicht weiter, weil es ſehr ſchwer iſt, die Nüancen der Farben zu bezeichnen, ohne daß man ſie ſieht. Muſiknoten kann man in die ganze Welt ſchicken, und es wird ſie Jedermann ſpielen. Zu den Farben hingegen haben wir keine ſolche Noten, ſondern, wenn wir ſie ſpielen ſollen, ſo müſſen wir die Muſik gleichſam ſelbſt verſchicken. Z. B. von den Olivenfarben der Südſeeinſulaner haben nur wenige einen Begriff; denn was kann man ſich unter den Olivenfarben alles denken! Lichtenberg ſah den berühmten Omai in England. Seine Farbe war ſo,

wie wenn man mit Bärenzuckerſaft oder Lakritzenſaft einen Streifen Papier fein übertüncht.

Die Farbenmiſchungen ſind außerordentlich ſchwer; weil nicht gleiche Theile von zwey oder mehreren Farben, die Mittelfarbe geben. Für Mayers Augen gaben 88 Theile blau und 12 Theile gelb das erſte Grün. Bey dem Exemplare von Mayers Farbentheorie, welches Lichtenberg dem König Georg III. übergab, miſchte und ordnete er die Farben trocken; denn das Mahlen derſelben kann nicht accurat genug ausfallen, da durch chemiſche Prozeſſe ſo viel verändert wird. Um die Farbenmiſchung auch trocken wohl zu treffen, machte Lichtenberg immer mehrere Miſchungen, und ließ dann ſcharfe Augen entſcheiden, welches zwiſchen dieſen und jenen Farben die mittlere Temperatur ſey. Frauenzimmer-Augen ſind hiezu beſonders geſchickt. Sie unterſcheiden

Farben an Halstüchern, die hundert Manns- perſonen nicht unterſcheiden.

§. 381—382.

Unterſchied zwiſchen Farbe und Pigment.

Farbe (color) heißt das reine Licht durch das Prisma; **pigmentum** hingegen die gefärbten Körper, oder die färbenden Stoffe. Colores kann man alſo nicht kaufen. Blaue und gelbe **Farbe** geben allemahl in der Miſchung eine grüne, aber nicht, blaues und gelbes **Pigment**. So z. B. gibt das blaue Lakmus mit der gelben Salpeterſäure verbunden ein rothes Pigment. — Die Vires tingendi der Farben richten ſich gar nicht nach dem Gewichte.

Anmerkung Hier ſprach Lichtenberg auch von den **zufälligen** Farben, und dem farbenlichten Schatten, deren Erxleben erſt weiter unten (§. 386) gedenkt.

Zufällige Farben ſind diejenigen, die ihre Entſtehung nicht dem äußern Lichte, ſondern beſondern Umſtänden des Auges verdanken. Die Wahrnehmung der Farben iſt nähmlich nichts anders, als die Wahrnehmung derjenigen Veränderung, welche durch einen Lichtſtrahl in unſerm Auge hervorgebracht wird. An und für ſich exiſtiren die Farben eben ſo wenig, als der Raum und die Zeit. Wird nun in unſerm Auge durch was immer für eine Urſache eine ähnliche Veränderung bewirkt, wie die Lichtſtrahlen bewirken, ſo entſteht auch eine ähnliche Wahrnehmung.

Büffon bemerkte, daß, wenn er ein rothes Viereck auf weißem Grunde betrachtete, und nach einiger Zeit die Augen auf den Grund wandte, daſſelbe grün erſchien. Ein gelbes zeigte ſich blau. Er machte den Verſuch mit mehreren andern gefärbten Vierecken auf weißem Grunde, und ſie erſchienen ihm alle in andern

Farben. Von ihm rührt auch die Benennung der zufälligen Farben her.

Franklin hat auch Verſuche über dieſe Farben angeſtellt. Er machte die Entdeckung, daß wenn man eine Zeitlang ein Fenſter unverwandt anſehe, die Fenſterſcheiben zuletzt ſchwarz, und die Rahmen weiß erſcheinen.

Zu den zufälligen Farben gehören auch die Feuerfunken im Auge; ferner das glühende Roth der Buchſtaben, wenn man bey Untergang der Sonne in einem Buche lieſt; ferner die Erſcheinung: daß, wenn man einen Gegenſtand lange durch ein rothes Glas anſieht, und dann plötzlich wegzieht, der erſte Eindruck grün iſt; umgekehrt, wenn man durch ein grünes Glas ſieht, der erſte Eindruck roth iſt.

Eine merkwürdige und bisher noch nicht erklärte Erſcheinung biethen auch die gefärbten Schatten dar. Wenn man nähmlich morgens beym Anbruche des Ta-

ges bey einem Talglicht lieſt, und den Schatten z. B. des Fingers, der durch dasſelbe verurſacht wird, ſo auf einem weißen Papiere auffängt, daß zugleich der Schatten des Fingers von dem Tageslichte auf das Papier fällt: ſo wird der erſtere himmelblau, der letztere gelb erſcheinen. — Auch beym Untergehen der Sonne ſieht man herrliche farbigte Schatten.

Das in der Note des Verfaſſers (Erxleben §. 386.) angeführte Buch über dieſen Gegenſtand verdient von Jedem geleſen zu werden, der über denſelben näher belehrt zu werden wünſcht. Ferner eine Abhandlung von Thompſon, oder dem Grafen Rumford in den Philos. Trans. 1794. Auch Göthe, der berühmte Dichter zu Weimar, hat darüber herrliche Verſuche angeſtellt.

§. 383—392

Vom menſchlichen Auge.

Die Geſtalt des Augapfels (bulbus oculi) kömmt der Kugelgeſtalt ſehr nahe, nur daß vorne der durchſichtige Theil weiter hervorragend iſt. Sein Längendurchmeſſer beträgt beym Auge des erwachſenen Menſchen 11⅓ Pariſer Linie, alſo beynahe einen Zoll. — Er iſt in der Augenhöhlung (orbita), nach allen Seiten durch ſechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch den häutigen Ueberzug die Augenlieder (palpebrae), und durch die Haare an dieſen Augenliedern, die Augenwimper (cilia) bedeckt, und vor einfallenden Unreinigkeiten, und zu ſtarkem Lichte geſchützt werden. Von den Augenliedern und Augenwimpern muß man die Augenbraunen (supercilia) unterſcheid n.

Der Augapfel beſteht aus verſchiedenen Häuten (membranae, tunicae), und

aus ſo genannten **Feuchtigkeiten** (humores). Die Häute werden in communes und proprias eingetheilt. Zu jenen gehört die **harte Haut** (sclerotica) die **braune Haut** (chorioidea) und die **Netzhaut** (retina), zu dieſen: der orbiculus ciliaris, die iris und das ligamentum ciliare. Zu den Feuchtigkeiten gehört: die **wäſſerigte**, die **gläſerne** und die **kryſtallene Feuchtigkeit**.

Die **harte** oder **feſte Haut** (tunica sclerotica) macht den äußeren Umſchluß des ganzen Augapfels aus. Je mehr ſie ſich dem Vordertheile deſſelben nähert, deſto dünner wird ſie, und endlich ganz durchſichtig. Dieſer durchſichtige Theil, durch den das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die **Hornhaut** (cornea), und iſt das Segment einer Kugel, deren Halbmeſſer kleiner iſt, als der des übrigen Augapfels. Sie iſt daher hervorragend. — In

dem Hintertheile der Sklerotika, begibt ſich der Sehnerve (nervus opticus) in den Augapfel.

Die braune Haut, (Gefäßhaut, Aderhaut, tunica chorioidea), liegt zunächſt unter der harten Haut. Sie iſt auswendig braun, inwendig faſt ſchwarz, und mit vielen Gefäßen verſehen. — Am vordern Theile derſelben befindet ſich an der äußern Seite ein weißer, aus Zellgewebe beſtehender Kreis, welche der Ciliarkreis oder das Strahlenband (orbiculus ciliaris, ligamentum ciliare) genannt wird. Er verbindet die braune Haut mit der harten Haut. — Aus dieſem Ciliarkreiſe entſtehen die weiter einwärts gehenden, und bis an den Rand der Kryſtalllinſe reichenden Strahlenfaſern (processus ciliares), welche um die Kryſtalllinſe herum einen ſehr ſchönen geſtreiften Ring, den Strahlenkörper, oder den gefalteten Ring (corpus ciliare)

bilden, in welchem Felice Fontana den Strahlenkanal (canalis ciliaris) entdeckt hat. — Das Corpus ciliare, iſt der vorderſte Theil der braunen Haut, in welchem ſie ſich endiget, und mit eben ſolchem ſchwarzen Schleime überzogen, als die übrige inwendige Fläche derſelben. — Zwiſchen der Hornhaut und den Strahlenfaſern liegt der Augenſtern oder die Blendung, wie ihn Sömmering ſehr paſſend nennt. Die vordere Fläche deſſelben heißt die Regenbogenhaut (iris), die hintere die Traubenhaut (uvea). In der Mitte befindet ſich eine kreisrunde Oeffnung, die Pupille (Sehe- Lichtloch, pupilla), durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt, und welche auf eine bewundernswürdige Art, ſich unwillkührlich bey ſchwachem Lichte erweitert, bey ſtarkem Lichte verrengert. Wenn es blitzt, muß man zwey Talglichter an-

zünden, und durch dieſelben in den Blitz ſehen, wenn es dem Auge nicht ſchaden ſoll.

Die Netzhaut (Markhaut, tunica retina) iſt eine Verbreitung des ins Auge getretenen Markes des Sehnerven. Sie iſt der Sitz der Empfindung, die durch die Vereinigungspunkte der Strahlen, welche zuſammen das Bild des Gegenſtandes machen, hervorgebracht wird. — Auf dieſer Netzhaut, befindet ſich nach Sömmerings Endeckung, zwey Linien auswärts vom Sehnerven ab, ein runder gelblichter Fleck, der in der Mitte eine Oeffnung hat, ſo, daß alſo die Netzhaut nicht das ganze Auge umzieht. Siehe Götting. Anzeigen 1795, Nro. 140. Sömmering machte die Entdeckung im Jahre 1791. Theologen kommen hier übel weg. — Ob dieß die Stelle ſey, wo man nicht ſieht, ſcheint Lichtenberg noch zweifelhaft zu ſeyn. — Es gibt nähmlich gewiſſe Stellen in unſerm Auge, wo

man gar nichts ſieht, wo wir alſo alle den ſchwarzen Staar haben. Man mahle zwey Punkte A und B auf ein Stück Papier hin, halte das linke Auge zu, und ſehe mit dem rechten nach dem linken Punkte A, ſo wird zugleich auch der andere Punkt B erſcheinen. Rückt man hingegen das Papier immer mehr weg, ſo wird bald eine Stelle kommen, wo man B nicht ſieht, indem es da gerade den Nervus optikus bedeckt, folglich kein Bild machen kann; gleich darauf kömmt es wieder zum Vorſchein. — So konnte Lichtenberg auch den Jupiter verſchwinden machen. Einmahl wollte ers auch mit der Sonne probieren; aber das that er nicht mehr.

Die wäſſerigte Feuchtigkeit (humor aqueus) erfüllt den vordern Theil des Auges zwiſchen der Hornhaut und der Kapſel der Kryſtalllinſe. Der ganze Raum,

wird durch den Augenſtern in die vordere und hintere Kammer eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinſchaft haben. Die wäſſerichte Feuchtigkeit füllt beyde aus, und treibt die Hornhaut in die Höhe.

Die Glasfeuchtigkeit (humor vitreus) füllt den größern Theil des Auges hinter der Kryſtalllinſe. Sie ſtellt eine ſehr klare und durchſichtige Gallerte vor, und iſt mit einer feinen, durchſichtigen, eigenen Membran eingeſchloſſen.

Die kryſtallene Feuchtigkeit, oder die Kryſtalllinſe humor crystallinus, lens crystallina) liegt zwiſchen den andern Feuchtigkeiten. Sie iſt nicht ſowohl eine Flüſſigkeit, als vielmehr ein feſter, runder, höchſt durchſichtiger, bikonvexer Körper, deſſen hintere Fläche mehr erhaben iſt, als die vordere. — Sie iſt in einer ſehr durchſichtigen Kapſel eingeſchloſſen (capsula lentis crystallinae) doch ſo, daß der enge Raum zwiſchen beyden, mit einer

Feuchtigkeit ausgefüllt iſt. Ferner wird ſie von dem Strahlenkörper eingefaßt.

Vermittelſt dieſes ſo bewundernswürdig eingerichteten Werkzeuges erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das Sehen nennen. Es kömmt dabey auf die Wiedervereinigung, der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der Netzhaut an. Dieß geſchieht nach einer vierfachen Brechung auf folgende Weiſe. Es fahren, wie wir geſehen haben von jedem Punkte eines ſichtbaren leuchtenden, oder erleuchteten Gegenſtandes, nach geraden Linien, Strahlenkugel aus, deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, und deren Spitze der ſichtbare Punkt iſt. Dieſe Strahlenkegel dringen durch die Hornhaut und die wäſſerichte Feuchtigkeit. Ein Theil ihrer Strahlen, wird zwar von der vorliegenden Blendung aufgehalten, das auf die Pupille fallende Licht aber trifft die Kryſtall-

linſe, dringt durch dieſelbe und durch die gläſerne Feuchtigkeit bis an die Netzhaut durch. Es erleidet bey ſeinem Durchgange durch vier verſchiedene Mittel, nähmlich, die Hornhaut und die drey ſogenannten Feuchtigkeiten, vier Brechungen. Und ſo werden alſo die divergiren-Strahlen des Strahlenkegels konvergirend, und treffen endlich in einem Punkte auf der Netzhaut zuſammen, welcher der Ort des Bildes vom ſtrahlenden Punkte iſt. — Man ſieht, daß durch die erſten beyden Brechungen auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen ſeyn würden.

Was nun von einem Strahlenkegel gilt, gilt auch von allen übrigen. Alle Strahlen jedes Strahlenkegels, der aus jedem Punkte des ſichtbaren Körpers ausfährt, und auf die Pupille trifft, ver-

einigen ſich hinter der Linſe auf der Netzhaut. Von jedem ſichtbaren Punkte eines Gegenſtandes entſteht alſo ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zuſammen ein verkehrt ſtehendes, vom ganzen Objekte machen.

Alles kömmt alſo beym deutlichen Sehen, das im Durchſchnitte auf eine Entfernung von 8 Zoll geſetzt wird, auf die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Punkte auf der Netzhaut an, welche allein für dieſe Wiedervereinigungspunkte fühlbar iſt. Und dieſe Wiedervereinigung hängt von zwey Umſtänden ab, erſtens: von der gehörigen Einrichtung des Auges, und zweytens von der gehörigen Größe und Entfernung des ſtrahlenden Gegenſtandes.

Zur gehörigen Einrichtung des Auges gehört aber, daß die Theile deſſelben gerade ſo gebildet ſind, daß die Strahlen nach der vierfachen Brechung in

in Punkten auf der Netzhaut vereinigt werden. Wenn alſo die Hornhaut, und die Kryſtalllinſe entweder zu konvex oder zu flach ſind, oder der Abſtand der letzteren von der Netzhaut zu groß oder zu klein iſt: ſo werden die Strahlen nach der Brechung entweder zu weit vor der Netzhaut, oder erſt hinter derſelben vereinigt. In beyden Fällen entſteht ein undeutliches Bild, und alſo muß auch das Sehen undeutlich werden, wenn ſich jeder Punkt deſſelben in einen Kreis ausbreitet. — Wenn ferner die Kryſtalllinſe verdunkelt, oder undurchſichtig, oder der Sehnerve und die Netzhaut gelähmt oder unempfindlich wird: ſo findet gar keine Empfindung des Sehens Statt. Im erſteren Falle entſteht nähmlich kein Bild, oder wenigſtens ein äußerſt undeutliches; im letztern gibt es zwar ein Bild, aber keine Geſichtsempfindung.

Die beyden erſten Fälle ſind unter dem Nahmen der Kurzſichtigkeit (Myopie)

und Weitſichtigkeit (Presbyopie); die letztere unter dem Nahmen des Stahrs bekannt, des grauen (cataracta) ſowohl, als des ſchwarzen (amaurosis).

Die Myopie oder Kurzſichtigkeit iſt derjenige Fehler der Augen, vermöge welchen man kleine Gegenſtände nur in einer Entfernung von ungefähr 4 Zollen deutlich wahrnehmen kann. Die Urſache derſelben liegt darin, daß die Hornhaut zu ſehr erhaben, die Kryſtalllinſe zu konvex kompakt, oder ihr Abſtand von der Netzhaut zu groß iſt. Es treffen nähmlich in dieſen Fällen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenſtänden, die 12 bis 16 Zoll und darüber entfernt ſind, nach dem Brechen zu früh zuſammen, ehe ſie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieſer Gegenſtände iſt für ein ſolches Auge zu gering, als daß der Vereinigungspunkt die Netzhaut treffen ſollte. Ein ſolches Auge

ſieht daher nur nahe Gegenſtände deutlich, entfernte undeutlich. — Hohlgläſer vermehren die Divergenz divergirender Strahlen, und durch Hülfe derſelben ſehen alſo kurzſichtige auch mehr entfernte Gegenſtände deutlich. Sie müſſen ſo vor das Auge gehalten werden, daß der Zerſtreuungspunkt in die Gegend von dem Punkte des deutlichen Sehens fällt, weil man dann die Strahlenkegel ſo empfängt, als ob ſie aus der Gegend von dieſem Punkte herkämen.

Die Presbyopie oder Weitſichtigkeit iſt derjenige Fehler der Augen, vermöge welchen man kleine Gegenſtände nur in einer Entfernung von wenigſtens 16 Zollen deutlich wahrnehmen kann. Die Urſache derſelben liegt darin, daß die Hornhaut und die Kryſtalllinſe flach, und in der Konvexität vermindert iſt, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt. Es treffen alſo die Strahlen der Strahlenke-

gel von nahen Gegenſtänden zu ſpät zuſammen, und das Bild würde erſt hinter die Netzhaut fallen. Ein ſolches Auge kann nur entfernte Gegenſtände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. — Da erhabene Gläſer das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern, und die Strahlen aus nahen Punkten ſo zu brechen, als ob ſie aus entfernten Punkten herkämen; ſo können Weitſichtige durch Hülfe derſelben auch nahe Gegenſtände deutlich ſehen, und bedienen ſich daher zu dieſem Zwecke der Brillen.

Der graue Stahr (cataracta) beſteht in der Verdunklung, oder in dem Undurchſichtigwerden der Kriſtalllinſe. Es wird ihm, durch Hinwegdrückung oder Herausziehung derſelben abgeholfen. Denn da die wäſſerichte und gläſerne Feuchtigkeit ebenfalls die Strahlen brechen, und ihre Kegel konvergent machen: ſo entſteht auch ohne

Kryſtalllinſe ein Bild, ob ſich gleich viele Operirte der Stahrbrillen bedienen müſſen, um die Brechung zu verſtärken, und den Mangel der Kryſtalllinſe zu erſetzen, da ſonſt die Vereinigungspunkte allzuweit hinter die Netzhaut fallen würden.

Der ſchwarze Stahr (amaurosis) beſteht in der Lähmung, oder Unempfindlichkeit des Sehnervens und der Netzhaut.

Die Kurzſichtigen müſſen ſich alſo der Hohlgläſer oder der Ferngläſer; die Weitſichtigen der Konvergläſer oder Brillen; die Stahroperirten der Stahrbrillen bedienen. Man hat ein ſehr nettes Inſtrument, durch welches man alle drey Fehler und die Rektificirung derſelben durch die genannten Gläſer ſinnlich vorſtellen kann. Es heißt das künſtliche Auge, und iſt von großer Wichtigkeit.

Ueber gewiſſe Entfernungen hinaus ſind wir alle kurzſichtig. Viele Dinge können wir gar nicht ſehen, theils weil ſie zu

klein, theils weil ſie zu entfernt ſind. Dieſem doppelten Uebel wird zum Theile durch Mikroſcope und Fernröhre abgeholfen.

Noch ſind zwey wichtige Fragen über das Auge übrig; erſtens: Warum ſehen wir die Gegenſtände troz des verkehrten Bildes auf der Netzhaut, aufrecht? zweytens: Warum ſehen wir die Gegenſtände mit zwey Augen nur einfach?

Die erſte Frage hat wohl ſchwerlich einen vernünftigen Sinn; denn ſie verräth offenbar, daß man ſich von der rohen Idee noch nicht los gemacht habe, hinter dem Auge ſäße unſere Seele, mit einem andern Auge, gleichſam auf einem Thron, und betrachte von da aus, den auf der Netzhaut abgebildeten Gegenſtand. Doch dieß auch zugegeben, oder angenommen: wir ſähen wirklich unmittelbar nur das verkehrte Bild auf der Netzhaut, und nicht den Gegenſtand ſelbſt: ſo gränzt die Fra-

ge vollends an baaren Unſinn. Es bilden ſich ja auch alle übrigen Gegenſtände verkehrt auf der Netzhaut ab, folglich ſähen wir noch immer, dasjenige oben, was oben iſt, und dasjenige unten, was unten iſt. Man mache ſich doch nur deutlich, was oben, und was unten heißt, und was das ſagen wolle: Ein Gegenſtand bildet ſich verkehrt auf der Netzhaut ab! Oben bleibt uns ewig, was von der Oberfläche der Erde am entfernteſten iſt, und unten, was ihr am nächſten iſt. Verkehrt erſcheint das Bild eines Gegenſtandes auf der Netzhaut, wenn das, was an dem Gegenſtande das Unterſte iſt, ſich auf einem höher liegen Theile der Netzhaut, und das, was an demſelben das Höchſte iſt, auf einem niedriger liegenden Theile der Netzhaut abbildet. — Wenn ſich nun Alles verkehrt auf der Netzhaut abbildet; ſo bildet ſich ja auch die Oberfläche der Erde auf dem höchſten Theile der

Netzhaut ab; ſo bilden ſich auch alle übrigen Gegenſtände ſo auf derſelben ab, daß, was vorher oben und unten war, es auch jetzo iſt; folglich verbleibt Alles beym Alten, und mithin Alles gerade.

Weit wichtiger iſt die zweyte Frage, und in der That, die Antwort darauf noch nicht ganz auf das Reine gebracht — daß ſich in jedem Auge der Gegenſtand wirklich abmahle, und wir den Eindruck von jeden Gegenſtand aufnehmen, und folglich jedes Auge ſeinen nervus opticus habe, iſt gewiß.*) Man kann ſich davon, aus der

*) Anmerk. In ſeiner Abhandlung über das Geſicht und die optiſchen Illuſionen im Allgemeinen, und einiger inſonderheit, welche Hr. Juſtizrath Bugge am 9. Jäner 1807 in der königl. Societät der Wiſſenſchaft zu Copenhagen vorlas — wirft er auch optiſche Zweifel auf, gegen De Galls Meynung, daß man nicht mit beyden Augen, ſondern nur mit einem ſehe. —

oben (S. 476) angeführten Erſcheinung mit den zwy Punkten, überzeugen. Ferner auch aus folgender: wenn man nach einem entfernten erleuchteten Gegenſtand ſieht, und in der nähmlichen Linie den Finger vor das Geſicht hält: ſo ſieht man den Finger doppelt, weil er ſich in jedem Auge abbildet. Sieht man hingegen nach dem Finger, ſo wird der entfernte Gegenſtand doppelt erſcheinen. Doch die ſimpelſte Erfahrung hierüber bleibt wohl die: daß, wenn wir das eine Auge ſchließen, den Gegenſtand noch immer vermittelſt des andern Auges ſehen. — Sehen wir alſo einen jeden Gegenſtand vermittelſt eines jeden unſerer Augen: wie kommt es, daß, wenn wir beyde Augen zugleich gebrauchen, wir gleichwohl jeden Ge-

---

Auch zeigte er bey dieſer Gelegenheit ein von ihm verfertigtes Inſtrument vor, welches beweiſt, daß man mit beyden Augen ſiehet. H. A. L. Z. 1807. Intbl. 56.

genſtand nicht zweymahl, ſondern nur einmahl ſehen?

Man ſagt gewöhnlich, man ſähe mit zwey Augen, den Gegenſtand nur darum einfach, weil ſich die Geſichtsnerven beyder Augen vereinigen. Aber, wenn dieß die Urſache wäre, ſo ſähe man nicht, wie man doch eine Sache doppelt ſehen könnte, wenn man ſich z. B. ein bischen das Auge drückt. Ueberdieß hat man ja auch durch die Anatomie gefunden, daß die Geſichtsnerven nicht in eins zuſammen, ſondern nur neben einander fortlaufen.

Beſſer wird das Phänomen durch die Gewohnheit erklärt. Wir ſehen alsdann erſt einfach, wenn wir unſere Augen ſo gewöhnt haben, nach einer Axe hinzuſehen, das wir es nicht merken, daß wir doppelt ſehen. Kinder ſehen anfangs unſtreitig doppelt. Sie ſehen ſo mit den Augen herum. Nach und nach werden ſie aber

durch das Gefühl ſo betrogen, daß ſie alle Dinge für einfach halten, und alſo das einfache Sehen aus der Praxis lernen. Auch hat man Beyſpiele von Perſonen, die einen heftigen Schlag auf das Auge bekommen haben: daß es ſich verdrehte, und ſie nun lange Zeit alle Gegenſtände doppelt ſahen; nach und nach ſahen ſie wieder alles durch die Gewohnheit einfach. — Indeß auch bey dieſer Erklärung finden noch manche Schwierigkeiten Statt. Es müßte nach derſelben etwas Geometriſches im Auge ſeyn, und es müßte daraus folgen, daß man auch andere Stellen dazu gewöhnen könnte.

Im September 1794 vom European Magazin iſt über dieſen Gegenſtand eine Abhandlung mit C. D. unterſchieben, vermuthlich von Darwin. Er glaubt, in der Natur unſerer Seele ſey etwas Correſpondirendes, und dann ſehen wir es nur einmahl. Er ſtellte hierüber folgenden Verſuch an. Er ſchnitt ſeine Silhouette in ein

Brett und verlängerte dieſes ſehr weit. In einiger Entfernung ſtellte er zwey Blätter Papier, ein weißes und ein rothes. Wenn er eine Weile auf das Rothe ſah, und hernach auf das Weiße, ſo ſchien ihm auch dieſes roth zu ſeyn. *)

§. 393—394.

Das finſtere Zimmer.

Wurde nur mit ein Paar Worten berührt.

§. 395—410.

Die Fernröhre (telescopia.)

Man pflegt die Fernröhre einzutheilen in dioptriſche und katadioptriſche.

*) Die neueſten Erklärungen des Phänomens ſind von Troxler und Haldat. Siehe über die erſtere Himlys u. Schmidts ophthalm. Bibel. 3ten Bdes 2tes und 3tes Stück. Göttingen 1807; und über die letztere: Tromsdorffs Annalen der Fortſchr. u. ſ. w. 1. Band. S. 645. Erfurt 1809.

Unter jenen ſind die Dollondſchen oder achromatiſchen Fernröhre die berühmteſten; unter dieſen, welche insbeſondere Teleſcope genannt werden der, Herſchelſche Reflektor.

Die Geſchichte der Erfindung der achromatiſchen oder farbenloſen Fernröhre, iſt eine der ſeltſamſten in der ganzen Phyſik. Der große Newton, deſſen größte Entdeckung unſtreitig die Spaltung des Lichtes durch das Prisma iſt, behauptete, daß die Unvollkommenheit der Vordollondſchen Fernröhre, die von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen herrührt, durchaus nicht gehoben werden könne. Er behauptete, daß, wenn die Farben aufgehoben würden, auch die Brechung aufgehoben werden müßte. Allein, dieß wurde hernach falſch befunden. Und der außerordentliche Mann hat alſo auch hiedurch gezeigt, daß er ein Menſch ſey, und nicht allein durch ſeinen Commentar über die Apokalypſe, wie Voltaire ſag-

te. — Im Jahre 1747 kam nähmlich Euler auf den Gedanken, die eben erwähnte Unvollkommenheit der Vordollondſchen Fernröhre dadurch zu heben, daß man das Objektivglas aus zwey Linſen zuſammen ſetzte, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, ſo daß die eine die farbigten Strahlen wieder vereinigte, welche die andere trennte. John Dollond zu London ſuchte den Gedanken Eulers auszuführen, aber fand es unmöglich, und vertheidigte Newtons Behauptung. Euler gab nun ſelbſt alle Hoffnung auf, den Fehler zu verbeſſern. Allein, nun kam Klingenſtierna, und zeigte in dem 16ten Bande der ſchwediſchen Abhandlungen, daß Newton etwas noch nicht ausgemacht hatte. Dollond verſuchte aufs Neue, fand daß Newton wirklich Unrecht hatte, und war der erſte, der im Jahre 1755 ein farbenloſes oder achromatiſches Fernrohr zu Stande brachte. Nun wollte es wieder Euler nicht glauben, und

behauptete, es wäre nicht möglich. Endlich machte Zeiher in Wittenberg beſſere Gläſer, und nun geſtand auch Euler in den Berliner Memoires vom Jahre 1764, aber 1766 gedruckt, ſeinen Irrthum ein.

Die weſentliche Einrichtung dieſer achromatiſchen Fernröhre beſteht nun darin, daß das Objektivglas aus zwey ganz nahe zuſammen geſtellten Linſen vom ſogenannten Crownglaſe und Flintglaſe zuſammengeſetzt wird. Dieſes zerſtreut die Strahlen ungleich ſtärker, als jenes, und es hat dieſe zerſtreuende Kraft vorzüglich vom beygemiſchten Bleykalk. Zu 24 Theile Kieſel, nehmen die Engländer 7 Theile Bley, und 1 Theil Salpeter. *) Flint heißt ſo viel

*) Ein engliſcher Schiffswundarzt, Robert Blair, hat eine Art Glas erfunden, welches noch beſſer, als das bisher gewöhnliche Flintglas, die Farbe des Crownglaſes zerſtreut. Poſſelts Weltkunde 1798, S. 367, und Fiſchers Wörterbuch VI. Band S. 423.

als Kieſel, woher auch der Nahme unſerer Flinten, wegen der Feuerſteine.

Man hat eine eigene Vorrichtung, die Verbindung des Crownglaſes mit dem Flintglaſe zu zeigen. Das Lichtenbergiſche Inſtrumentchen wurde von Dollond ſelbſt verfertiget, uud koſtete zwey Guineen. Was hätte Newton drum gegeben, wenn er dieß Inſtrumentchen hätte ſehen können!

Die katadioptriſchen Fernröhre oder eigentlichen Teleſcope, kommen alle darin überein, daß der große Spiegel konkav iſt, um alle Strahlen des Lichtes, die er zurück wirft, auf einen Punkt zu ſammeln. Aber der zweyte Spiegel kann konkav ſeyn, wie in Gregory's Telescop; eben, wie im Newtonſchen; konvex, wie im Caſſegrainſchen, oder ganz weggelaſſen, wie im Herſchelſchen.*)

---

*) Zu dieſen vier Syſtemen der Verfertigung der Telescope hat Hr. Burkhardt zu

Herſchels Rieſen-Telescop beſteht aus einem Spiegel von 4 Fuß im Durchmeſſer, deſſen Brennweite aber 40 Fuß beträgt, mithin der ganze Durchmeſſer der Spiegelkugel 80 Fuß. Der erſte Spiegel, den er zu dieſem 40füſſigen Telescop verfertigte, wog 1035 Pfund. Allein, da ſich derſelbe gebogen, verfertigte er einen andern von 2500 Pfund. Jener erſte hätte in einem Kabinete Jahrhunderte lang liegen können, ohne daß das ſchärfeſte

---

Paris im Jahre 1807 ein fünftes vorgeſchlagen, wo der zweyte Spiegel ein ebener iſt, aber ſenkrecht mit der Axe, und gegen die Mitte der Länge der Brennweite ſteht. Aber die kaiſerl. Akademie der Wiſſenſchaft zu Petersburg vindicirte dieſe Erfindung einem ihrer Mitglieder, dem Hr. Schrader, ehemahligem Profeſſor in Kiel, der dieſelbe ſchon im Jahre 1803 bekannt machte. Siehe Hall. A. L. Z. 1808, 106 und 287.

Auge eine Beugung daran würde bemerkt haben. Aber die reflektirten Strahlen, geben auch das kleinſte Gebrechen ſogleich zu erkennen. Herſchel ſchleift ſeine Spiegel durch eine Maſchine ganz allein, und daraus macht er ein Geheimniß. Vorher brauchte er 12 Kerls dazu. — In ſein neueſtes Teleſcop ſieht er gerade zu bey der Mündung hinein, indem er den Spiegel etwas inklinirt, und dadurch das Bild gegen die Gränze des Tubi verrückt, wo er nun daſſelbe durch ein Mikroſcop anſieht. — Man kann in den Tubus hineinſteigen. Herſchel führt ſeine Geſellſchaft hinein, hat auch einmahl Conzert darin gegeben. — Er ſteht unter freyem Himmel. *)

---

*) Nach den neueſten Nachrichten ſoll dieß Rieſeninſtrument unbrauchbar geworden ſeyn.

§. 411—413.

Die Vergrößerungsgläſer.

Die Vergrößerungsgläſer oder Mikroſcope theilt man in einfache und zuſammengeſetzte ein; die erſtern vergrößern den Gegenſtand im eigentlichſten Sinne, durchaus nicht, welches man ſich nicht genug merken kann. Sie bringen den Gegenſtand nur näher und machen ihn dadur deutlicher. Wohl aber vergrößern die zuſammengeſetzten Mikroſcope. *)

*) In des „Tirnwalluwer Gedichte und Denkſprüche" (überſetzt von Lämerer, Nürnberg 1803.) — die ein Alter vrn 900 Jahren haben ſollen, wird S. 116 deutlich des Vergrößerungsglaſes erwähnt; dieß wäre alſo eine Merkwürdigkeit für die Geſchichte der Erfindnngen, wenn es mit dem angeblichen Alter des Dichters ſeine Richtigkeit hätte. Hall. A. L. Z 1808, 154. — Das neueſte Buch über die Mikroſcope iſt: Mémoire sur la construction et l'usage du Microscope, par D. Villars. Straßburg 1809, 52. S. gr. 8. mit Kupf. Siehe H. A. L. Z. 1808, 29.

§. 414.

Die Zauberlaterne.

Lichtenberg hatte zu ſeiner Laterna magica, auch Figuren mit beweglichen Augen und Händen. Poſſierlich nahm ſich ein Teufel, mit einer Klyſtierſpritze aus.

§. 415.

Das Sonnenmikroſcop

gewährt ein herrliches Schauſpiel! Ein Floh erſcheint in der Größe eines Ochſen, Skelete von Baumblättern, wie große Bäume und Geſträuche! Man ſieht den Salmiak in Kriſtalle anſchieſſen; und auf Polypen, die Läuſe ſich herum bewegen, u. ſ. w.

V. Inflexion der Lichtſtrahlen.

§. 416.

Beugung des Lichtes.

Unter der **Beugung** des Lichtes verſteht man die Abweichung der Lichtſtrahlen von ihrem geradlinichten Wege, wenn ſie nahe an dem Rande eines Körpers vorbey gehen.[a]

Grimaldi, ein Jeſuite zu Bologna (geb. 1613, geſt. 1663), entdeckte dieſe Eigenſchaft des Lichtes um die Mitte des 17ten Jahrhunderts, und machte ſie in ſeiner Phyſico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bologna 1665, 4 bekannt. Auch D. **Hook**, einer der größten Phyſiker Englands, hat darüber faſt um dieſelbe Zeit herrliche Verſuche angeſtellt, und der Societät zu London im Jahre 1672 mitgetheilt.

Grimaldi ließ durch ein kleines Loch in ein verfinſtertes Zimmer Licht fallen. Hielt er nun in einiger Entfernung vom Loche, in dieſes Licht einen dunkeln Körper, ſo fand er den Schatten deſſelben viel breiter, als er der Brechung nach, bey geradem Fortgange des Lichtes hätte ſeyn können. Auch ſahe er um den Schatten herum mehrere farbigte Lichtſtreifen. Setzte er z. B. einen Stab a a (Fig. 70) in das Licht, ſo ergab ſich folgende Erſcheinung:

a a = Stab.
b b = blau
c c = nichts
d d = grün
f f = nichts
g g = blau
h h = ſchwarz
i i = roth

Newton hat aber alle ſeine Vorgänger, wie gewöhnlich, zurück gelaſſen. Er hat nicht nur die Lichtſäume und die dunkeln Zwiſchenräume zwiſchen ihnen genauer beobachtet, ſondern auch die Breite derſelben gemeſſen. Er bemerkte nähmlich, drey farbigte Lichtſäume, deren Farbenordnung folgende war: beym *erſten*: violett, indigo, blaßblau, grün, gelb, roth; beym *zweyten*: blau, gelb, roth; beym *dritten*: blaßblau, blaßgelb, roth.

Die drey Lichtſäume ſtießen faſt an einander, und wurden durch einen ſehr ſchmalen Zwiſchenraum von einander getrennt. Die Breiten dieſer Lichtſäume und Zwiſchenräume, (nähmlich die Breite des erſten Lichtſaums ſammt ſeinem Zwiſchenraume zur Breite des zweyten, ſammt deſſen Lichtſaume u. ſ. w.) verhalten ſich wie:

$$1. \quad \sqrt{\tfrac{1}{2}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{3}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{4}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{5}} \quad \sqrt{\tfrac{1}{6}}$$

Die untern Zahlen ſind gerade diejenigen, wo bey Grimaldi nichts war. Da nun $1 = \sqrt{\frac{1}{1}}$: ſo kann man die Zahlen ſo einſchließen, wie Fig. 71 zeigt.

Denn Newtons Vermuthung war, daß vielleicht die Lichtſtrahlen, indem ſie neben den Rändern und Seiten der Körper vorbeygehen, mehrmahls hin und her, auf eine ſchlangenförmige Art gebogen werden, und die drey Farbenſäume, etwa aus drey ſolchen Beugungen entſtehen könnten.

Am deutlichſten bemerkte Newton die drey farbigten Lichtſäume, mit ihren dunklen Zwiſchenräumen, wenn er den Lichtſtrahl zwiſchen zwey ſcharfe Meſſerſchneiden brachte, die er in einer und derſelben Ebene, und in paralleler Lage, nur um $\frac{1}{400}$ eines Zolls voneinander abſtehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen ſollen, ward zu beyden Seiten abgelenkt, und in zwey Theile getheilt, und ließ zwiſchen ſich einen Schatten, der deſto breiter war,

je näher er die Schneiden zuſammendrückte. Zu gleicher Zeit bemerkte er auf jeder Seite des Schattens in der Mitte, die obigen drey farbigten Lichtſäume mit ihren Zwiſchenräumen.

Newton hat ſeine Unterſuchungen über die Beugung des Lichtes nicht vollendet. Er fieng ſie in ſeinen frühern Jahren an, fand aber nicht mehr die Muſe ſie noch einmahl zum Gegenſtand ſeiner Beſchäftigung zu machen, was er ſich damahls ſo feſt vornahm. Alles aber, was nach Newton in dieſer Lehre geſchehen iſt, hat uns nicht viel weiter geführt: ſo, daß hier noch ein weites Feld für Beobachtung und Entdeckung übrig bleibt.

Auf den Umſtand, daß Newton nur in ſeinen früheren Jahren ſich mit der Beugung des Lichtes beſchäftigte, muß wohl beſondere Rückſicht genommen werden, wenn ſich die Behauptung Jordans — des Neueſten, der in dieſer Lehre etwas that — beſtä-

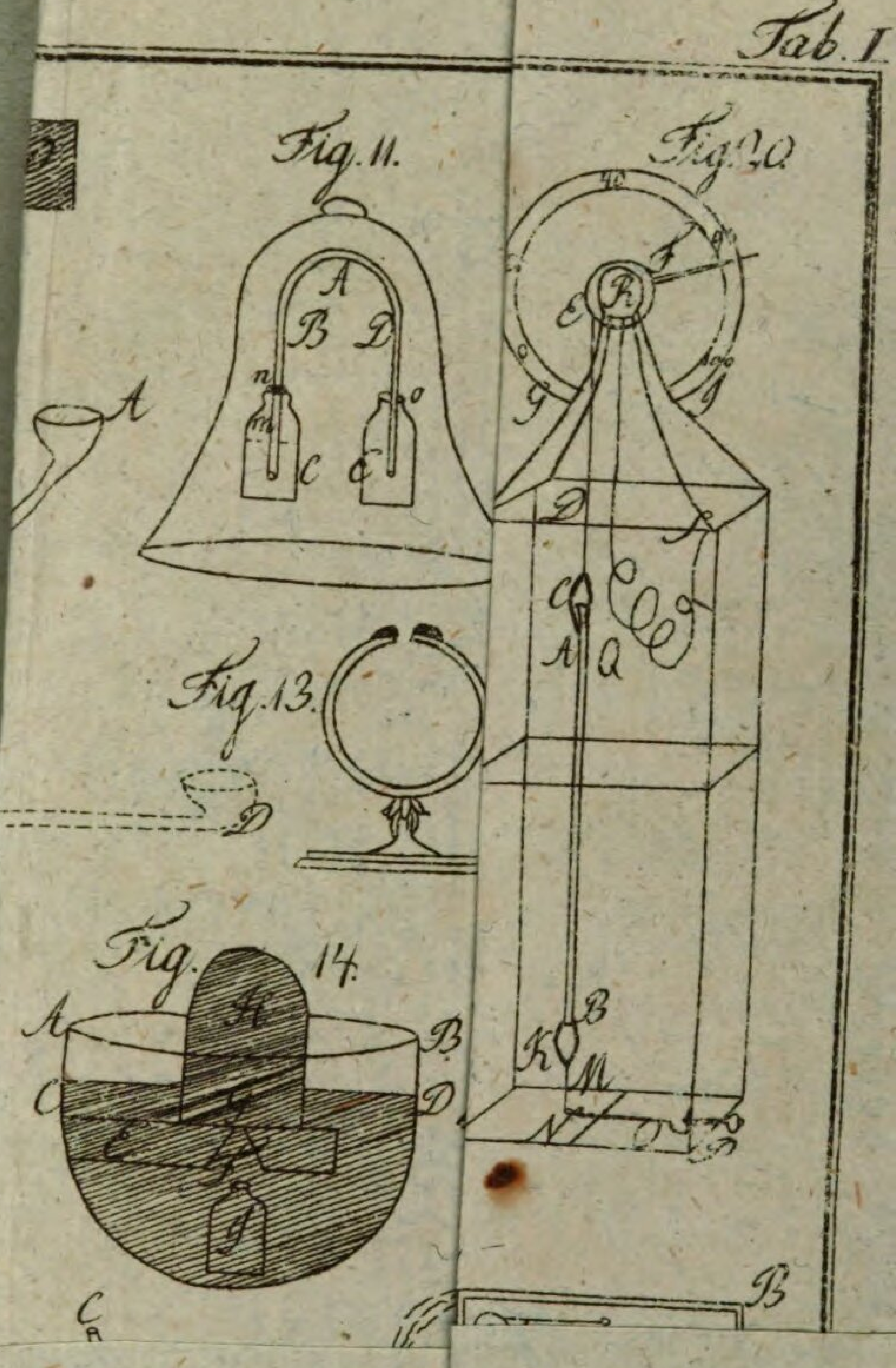
tigen ſollte: daß Newton ſich über die Beugung des Lichtes in allen Hauptpunkten geirret habe. Jordan ſucht dieſe Behauptung in folgender Schrift zu rechtfertigen: The observations of Newton concerning the Inflexions of Light; accompanied with other observations differing from his; and appearing to lead to a change of his Theorie of Light and Colours, welche zu London im Jahre 1799, in Oktav anonym erſchien. Sie enthält Newtons Beobachtungen über die Beugung des Lichtes aus dem dritten Buche ſeiner Optik abgedruckt, und an jede derſelben, die von Newton abweichenden Bemerkungen, Verſuche und Folgerungen des Verfaſſers gereiht. Ein Freund von ihm hat aus dieſer Schrift einen ziemlich vollſtändigen Auszug in Nicholſon's Journal of natural philosophy. Vol. 4. (Mai 1806) mitgetheilt. Nach dieſem Auszuge — da er Jordan's

Schrift ſelbſt, ſich nicht verſchaffen konnte, hat Gilbert ſeine Abhandlung bearbeitet, die ſich in ſeinen Annalen (18. Band, 1 Stück oder Jahrgang 1804, 9 Stück) unter dem Titel findet: Entdeckungen in der Lehre von der Beugung des Lichtes, von Gibbet Walter Jordan, 669. — nur daß er Newtons Beobachtungen über die farbigten Lichtſäume, welche in dem Auszuge allzukurz angedeutet werden, aus ſeiner Optik, deutlicher hieher übertragen hat. — Der Verfaſſer des Auszuges meint: wir wären um ſo mehr zu den größten Erwartungen von Jordans Entdeckungen in einem allzulange vernachläſſigtem Theile der Optik berechtigt, als die ſogenannten Höfe (die ſich vor jenen Entdeckungen auf keine Art hätten erklären laſſen), aus ihnen ſich genügend ableiten und aufhelfen ließen; — und dieſem Urtheile ſtimmt Gilbert völlig bey. — Jordan ſelbſt hat in eben dem Jahre, in welchen ſeine obige Schrift erſchien, eine Anwen-

dung ſeiner Entdeckungen über die Beugung des Lichtes, auf die Erklärung der Höfe um Sonne, Mond und andere leuchtende Körper, in folgender Schrift gemacht: An Account of the Irides or Coronae, wich appear around and contiguous to the bodies of the sun, moon and other luminous objects, 46. S. 8. mit einer Kupfertafel, welche in einer vollſtändigen Ueberſetzung in dem oben angeführten Stücke der Gilbertſchen Annalen enthalten iſt. — Eine dritte hieher gehörige Schrift von Jordan iſt folgende: New observations concerning the colours of thin transparant bodies, shewing these phaenomena to be inflections of light, and that of the easy transmissions and reflections derived from them, have no existence, but fail equally in their application by Newton to account for the colours of natural bodies. London 1800, 8. Gilbert macht in dem angeführten Stücke ſeiner Annalen von dieſer Schrift die Verheißung: davon künftig ein Mehreres! hat aber bisher dieſelbe nicht erfüllt.

Ende des zweyten Bändchens.

Bayerische Staatsbibliothek München


Tab. I
Fig. 11.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 20.

Lichtenberg, Georg Christoph,

Über Luft und Licht Mit Kupfertaf

Bd.: 2. (1811). - 508 S.

Wien u.a. 1811

Phys.sp. 838 d-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10135400-4